

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Automatização e Otimização dos Procedimentos  
de Verificação e Ensaios de Equipamentos de  
Carga de Veículos Elétricos**

**Sandra Cristina Almeida Gouveia**

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Major Automação

Orientador: Professor Doutor Armando Luís Sousa Araújo  
Co-orientador: Engenheiro Miguel Guerra  
Engenheiro Jorge Rodrigues

Janeiro de 2017

©Sandra Cristina Almeida Gouveia, 2017

# Resumo

Na procura de uma simetria entre mobilidade e transportes, ambiente e energia, desenvolvimento urbano e desenvolvimento do território, a mobilidade elétrica adolece. É essencial nos dias de hoje fomentar o crescimento deste setor através de técnicas da área de engenharia de automação.

O investimento na automatização e otimização dos testes realizados aos equipamentos de carga de veículos elétricos é uma forma de contribuir para o desenvolvimento da mobilidade elétrica.

O presente trabalho, proposto pela *Efacec Electric Mobility SA*, foca-se na análise dos processos inerentes aos ensaios do **posto de carregamento não modular** e na criação de uma ferramenta para automatizar e otimizar esses mesmos ensaios feitos ao equipamento.

A visualização dos ensaios permitiu identificar etapas passíveis de otimização que não estão diretamente relacionadas com os testes ao equipamento mas que contribuem para a organização do processo. Assim, elaborou-se uma *template* de relatório a partir da folha de registo de ensaios, através da ferramenta VBA - Excel, cuja principal vantagem é o seu formato definitivo em suporte digital, pronto a ser armazenado na base de dados da *Efacec*.

O estudo dos ensaios realizados ao posto não modular permitiu concluir qual a área de atuação do sistema de teste automático. O resultado do estudo dos ensaios é uma análise detalhada de cada um dos pontos de verificação e testes realizados ao equipamento acompanhada de uma justificação da sua rejeição/aceitação para integração no sistema de teste automático.

A resposta conseguida através da análise elaborada permitiu definir o sistema de teste automático e o processo em que seria aplicado. O sistema foi projetado a partir da ferramenta SolidWorks e testado a partir do software Multisim e Unity Pro em modo de simulação. O sistema de teste automático inclui teste à cablagem, que simultaneamente permite melhorar a organização do processo de eletrificação do carregador, e teste à régua do posto não modular.

# Abstract

*Electric mobility can be regarded as a solution for the equilibrium between mobility and transport, environment and energy, urban and territory development. Therefore, it is imperative to contribute for the growth of this industry. This can be done through techniques of automation engineering.*

*Investing in automation and optimization of the tests performed on the electric vehicle chargers is a way to contribute to the development of electric mobility.*

*This work was proposed by Efacec Electric Mobility S.A. and it focuses, not only on the analysis of the processes used to test the charger, but also on the design of an automatic test to optimize these tests done on Non-Modular Public Chargers.*

*The participation in the tests allowed the identification of steps that could be optimized even though they were not directly related with the equipment's tests. However, these optimizations contribute to a better organization of testing process. Therefore, a template was created from the test record sheet, using VBA-Excel tool, whose main advantage is its definitive digital format ready to be stored at Efacec's database.*

*Studying the tests performed on the non-modular public charger permitted to define the framework of the automatic test system. The result of this study is a detailed analysis of each checkpoint and tests performed on the equipment followed by a justification of its rejection/acceptance for its integration into the automatic test system.*

*The result obtained through the formulated analysis enabled to define the automatic test system and the process in which it could be applied. The system was created using SolidWorks tool and tested/simulated through Multisim and Unity Pro. The automatic test system*

*comprises the wiring test, which simultaneously allows to improve the organization of the charger electrification process, and the test done to the charger protection components.*

# Agradecimentos

Quero agradecer à *Efacec* pela oportunidade dada, em especial ao Engº Miguel Guerra e ao Engº Jorge Rodrigues pela ajuda prestada.

Quero agradecer ao Professor Doutor Armando Luís Sousa Araújo pela ajuda na resolução das dificuldades encontradas.

Quero agradecer há minha família, que apesar de todas as dificuldades nunca permitiu que nada me faltasse. Obrigada pelo carinho.

Em especial agradeço ao meu namorado Filipe, por toda a paciência e ajuda nesta etapa.





**“A window of opportunity won’t open itself”**

**Dave Weinbaum**



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract .....	v
Agradecimentos.....	vii
Índice .....	xi
Lista de figuras.....	xv
Lista de tabelas .....	xxi
Abreviaturas e Símbolos.....	xxiii
Capítulo 1 .....	1
Introdução.....	1
1.1 - Motivação .....	1
1.2 - Objetivos .....	1
1.3 - Estrutura da dissertação.....	2
Capítulo 2 .....	3
Estado da arte .....	3
2.1 - Mercado de infraestruturas de carregamento .....	4
2.1.1 - Mobilidade elétrica: Tendências de infraestruturas de carregamento .....	5
2.1.2 - Fundamentos do carregamento de veículos elétricos.....	8
2.2 - Mercado de sistemas de teste automático dos carregadores de veículos elétricos .	9
2.3 - Características de um sistema de teste automático.....	10
Capítulo 3 .....	17
Carregadores de veículos elétricos .....	17
3.1 - Introdução.....	17
3.2 - Tipos de carregamento .....	17
3.3 - Tipos de carregadores .....	17
3.3.1 - Carregadores rápidos .....	18
3.3.2 - Carregadores públicos .....	18
3.3.3 - Carregadores domésticos .....	19
3.4 - Tipos de conetores .....	19
3.4.1 - Conetor tipo 1.....	21
3.4.2 - Conetor tipo 2.....	21
3.4.3 - Conetor tipo 3.....	22

3.4.4 - Conetor tipo 4 .....	23
3.5 - CCS - Combined Charging Systems.....	23
3.6 - Modos de carregamento .....	24
3.6.1 - Modo 1.....	24
3.6.2 - Modo 2.....	26
3.6.3 - Modo 3.....	26
3.6.4 - Modo 4.....	27
3.7 - Configurações de conexão .....	27
3.7.1 - Caso A .....	28
3.7.2 - Caso B .....	28
3.7.3 - Caso C .....	29
3.8 - Conclusão .....	30
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>31</b>
Posto não modular.....	31
4.1 - Introdução .....	31
4.2 - Descrição do posto não modular .....	31
4.2.1 - Funcionamento em rede .....	31
4.2.2 - Características externas .....	33
4.2.2.1 - Versatilidade .....	34
4.2.3 - Alimentação e proteção.....	34
4.2.4 - Características internas.....	36
4.2.4.1 - Circuito de interface .....	37
4.2.4.2 - Carta de controlo .....	39
4.2.4.3 - Régua .....	46
4.3 - Modo de utilização .....	47
4.4 - Manutenção preventiva.....	49
4.5 - Conclusão .....	49
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>51</b>
Análise dos ensaios realizados ao posto não modular .....	51
5.1 - Introdução .....	51
5.2 - Ensaio realizados ao posto não modular.....	51
5.2.1 - Verificação de cablagens e componentes.....	52
5.2.1.1 - Análise da verificação das cablagens e componentes .....	52
5.2.2 - Ensaio de isolamento .....	53
5.2.2.1 - Análise dos ensaios de isolamento.....	53
5.2.3 - Verificações gerais .....	54
5.2.3.1 - Análise das verificações gerais .....	55
5.2.4 - Ensaio de funcionamento .....	55
5.2.4.1 - Análise dos ensaios de funcionamento.....	58
5.2.5 - Registos de precisão de medidas .....	58
5.2.5.1 - Análise do registo de precisão de medidas.....	58
5.3 - Análise geral dos ensaios realizados ao posto não modular .....	58
5.3.1 - Carta de controlo e circuito de interface.....	59
5.3.2 - Cablagem .....	59
5.3.3 - Régua .....	60
5.4 - Conclusão .....	61
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>65</b>
Template de relatórios: VBA-Excel.....	65
6.1 - Introdução .....	65
6.2 - Identificação do problema .....	65
6.3 - Solução .....	66
6.4 - Conclusão .....	70
<b>Capítulo 7.....</b>	<b>71</b>

Projeto exemplificativo de um sistema de teste automático .....	71
7.1 - Introdução.....	71
7.2 - Descrição do teste exemplo à cablagem .....	71
7.2.1 - ILC 130 StarterKit .....	72
7.2.2 - Explicação do programa.....	72
7.3 - Conclusão .....	75
<b>Capítulo 8 .....</b>	<b>77</b>
Projeto do sistema de teste automático para o posto não modular .....	77
8.1 - Introdução.....	77
8.2 - Arquitetura do sistema .....	78
8.3 - Desenvolvimento da solução .....	79
8.3.1 - Régua .....	80
8.3.1.1 - Algoritmo do programa de teste .....	86
8.3.1.2 - Resultados da simulação dos circuitos projetados .....	91
8.3.1.3 - Resultados da simulação do algoritmo e da interface gráfica .....	93
8.3.2 - Cablagem .....	101
8.3.2.1 - Algoritmo do programa de teste .....	104
8.3.2.2 - Resultados da simulação do circuito projetado .....	105
8.3.2.3 - Resultados da simulação do algoritmo e da interface gráfica .....	107
8.3.3 - Requisitos da aplicação para seleção do equipamento de controlo.....	111
8.3.4 - Estruturas.....	114
8.4 - Conclusão .....	116
<b>Capítulo 9 .....</b>	<b>117</b>
Conclusões e trabalho futuro .....	117
9.1 - Conclusões .....	117
9.2 - Trabalho futuro .....	119
<b>Referências .....</b>	<b>121</b>



## Lista de figuras

Figura 2.1 - Carregador do projeto MOBI.E no Parque das Nações, Lisboa. ....	7
Figura 2.2 - Custo percentual de desenvolvimento de <i>software</i> nos sistemas de produção. [10] .....	14
Figura 3.1 - Tipos de carregadores: A - Carregador rápido; B- Carregador Público; C - Carregador Doméstico. ....	18
Figura 3.2 - Posto não modular com duas tomadas de saída. [11] .....	19
Figura 3.3 - Diagrama que demonstra a utilização do cabo acessório/adaptador. [12] .....	20
Figura 3.4 - Posto não modular com ficha de carregamento. [11] .....	20
Figura 3.5 - Conetor tipo 1 produzido pela <i>Phoenix Contact</i> . [13] .....	21
Figura 3.6 - Conetor tipo 2 produzido pela <i>Phoenix Contact</i> . [13] .....	22
Figura 3.7 - Conetor tipo 3 produzidos pela <i>Scame</i> . [14] .....	22
Figura 3.8 - Conetor tipo 4 produzido pela <i>Yazaki</i> . [15] .....	23
Figura 3.9 - Combined Charging System. A: Conetor Tipo 2 carrega veículo em CA com a tomada de entrada C do lado do veículo; B: Conetor Combo 2 carrega veículo em CC através da tomada de entrada C do lado do veículo; C: Tomada de entrada Combo 2 do veículo; D: Conetor Tipo 1 carrega veículo em CA através da tomada de entrada F do lado do veículo; E: conetor Combo 1 carrega veículo em CC através da tomada de entrada F do lado do veículo; F: Tomada de entrada Combo 1 do veículo. [16] .....	24
Figura 3.10 - Tomada Shuko, (CE/7). ....	25
Figura 3.11 - Esquemático do modo de carregamento 1 sugerido pela <i>Siemens</i> . [8] .....	25
Figura 3.12 - Esquemático do modo de carregamento 2 sugerido pela <i>Siemens</i> . [8] .....	26
Figura 3.13 - Esquemático do modo de carregamento 3 sugerido pela <i>Siemens</i> . [8] .....	27
Figura 3.14 - Esquemático do modo de carregamento 4 sugerido pela <i>Siemens</i> . [8] .....	27
Figura 3.15 - Caso A das configurações de conexão. [17] .....	28

Figura 3.16 - Caso B das configurações de conexão. [17] .....	29
Figura 3.17 - Caso C das configurações de conexão. [17] .....	29
Figura 4.1 - Esquema de ligação entre o posto central e módulos satélite. [18] .....	32
Figura 4.2 - Tipos de tomadas: A - CE/7 e B - Correspondente ao conector Tipo 2. [18] .....	33
Figura 4.3 - Estação de carregamento com postos não modulares. [18] .....	33
Figura 4.4 - Posto não modular: A - Fixação na parede; B - Fixação no chão. [18] .....	34
Figura 4.5 - Informação relativa à alimentação e localização do disjuntor do posto não modular. Sistema trifásico como exemplo. [18] .....	35
Figura 4.6 - Proteção contra sobrecorrentes a montante. [18] .....	35
Figura 4.7 - Terminais de entrada do posto não modular. [18] .....	36
Figura 4.8 - Esquemático do circuito de interface do posto não modular. [20] .....	38
Figura 4.9 - Esquemático da carta de controlo do posto não modular. [20] .....	39
Figura 4.10 - Esquema elétrico típico do <i>Control Pilot</i> da norma IEC 61851-1, em que: $V_a$ - Tensão medida no carregador; $V_b$ - Duty cycle e medição da frequência; $V_g$ - Tensão do sinal oscilador. [17] .....	40
Figura 4.11 - Onda quadrada periódica com $P=10$ segundos, com $T_{on} = 2s$ e $T_{off}=8s$ . .....	40
Figura 4.12 - Curva de carregamento, Tensão (V) e Corrente (mA), de uma bateria recarregável de lítio da Farnell. [21] .....	42
Figura 4.13 - Gráfico da corrente que o veículo necessita VS o DC do sinal através do qual o carregador comunica o valor da corrente. ....	42
Figura 4.14 - Comportamento do CP e respetivos estados do sistema. [17] .....	44
Figura 4.15 - Esquemático da régua do posto não modular. ....	47
Figura 4.16 - Sinalização dos estados do carregador. [18] .....	48
Figura 4.17 - Interfaces de carregamento do posto não modular. [18] .....	48
Figura 5.1 - Pormenor de ligação de tensão de teste no posto não modular. ....	54
Figura 5.2 - Esquemático original da régua do posto não modular [20]. ....	60
Figura 5.3 - Abordagem tradicional: Controlo do produto final. [24] .....	62
Figura 5.4 - A competitividade depende de três fatores fundamentais: qualidade, custos e prazos. [24] .....	62
Figura 5.5 - Controlo dos processos. [24] .....	63
Figura 6.1 - Capa da <i>template</i> do boletim de ensaios em VBA - Excel, com o botão “Preencher Relatório” já acionado demonstrando o “Menu Inicial”. .....	66
Figura 6.2 - Template do relatório a preencher. Em evidência a <i>Combobox</i> do tipo de equipamento selecionada mostrando o conteúdo da base de dados. ....	67



Figura 6.3 - Base de dados onde se pretende que estejam todos os tipos de equipamento e respectivas características. ....	68
Figura 6.4 - Trecho de código da função main(), quando o botão “Novo Relatório” do Menu Inicial é acionado. ....	69
Figura 6.5 - Botão “Gerar Relatório” que copia todos os conteúdos do formulário para a folha Excel do relatório. ....	69
Figura 6.6 - Código do botão “Gerar Relatório”.....	70
Figura 7.1 - ILC 130 Starter Kit, da Phoenix Contact, com 4 saídas e 8 entradas que são controladas através dos 8 interruptores. ....	72
Figura 7.2 - Programa exemplo que permite testar 7 cabos. ....	73
Figura 7.3 - Estrutura da interface gráfica inclui: Botão “INICIAR TESTE” e 8 sinalizadores luminosos. ....	74
Figura 7.4 - Interface gráfica demonstra o estado da cablagem: os sinalizadores ligados a verde significam cabo em boas condições e os desligados, a cinza, significam cabos danificados. ....	75
Figura 8.1 - Decomposição funcional do sistema a implementar, nível 0. A - Estrutura da decomposição funcional; B - Especificação das entradas, equipamento responsável pelo funcionamento do circuito de controlo e saídas. ....	79
Figura 8.2 - Régua trifásica real com pontos de teste assinalados. A régua é constituída por um contador de energia, um disjuntor de 40A, um diferencial, outro disjuntor de 20A, e dois contactores, um de 25A e outro de 40A. ....	81
Figura 8.3 - A - Relé da <i>Finder</i> série 4C01; B - Esquema elétrico do Relé com bobine em CA; C - Esquema elétrico do Relé com bobine em CC. [25] .....	82
Figura 8.4 - Esquema elétrico da régua com sistema de teste integrado. L1, L2 e L3 representam a alimentação do sistema, 230V CA (F-N). K6...K17, K20...K24 são pontos de controlo. K3,K4,K5,K18 e K19 são controlados pelo programa através de um comando do utilizador.....	83
Figura 8.5 - Fluxograma do funcionamento elétrico do esquema da Figura 8.4 assumindo as considerações descritas acima. ....	84
Figura 8.6 - Esquema elétrico de teste para a régua com o circuito de comando. ....	85
Figura 8.7 - Esquemático da régua trifásica para identificação dos contactores K1 e K2. ....	86
Figura 8.8 - Fase inicial comum aos fluxogramas, em que o estado inicial é o retângulo de cantos arredondados e os processos são retângulos onde se realizam ações.....	86
Figura 8.9 - Fluxograma do teste à régua - contactor K2.....	88
Figura 8.10 - Fluxograma do teste à régua - contactor K1. ....	90
Figura 8.11 - Simulação do caso 1. ....	91
Figura 8.12 - Simulação do caso 2. ....	92
Figura 8.13 - Simulação do caso 3. ....	93

Figura 8.14 - Programa do simulador implementado em SFC baseado no algoritmo apresentado.....	94
Figura 8.15 - Estrutura do programa implementado. Os retângulos são os steps, onde se acionam saídas, e as transições são os traços escuros, onde se verificam entradas. A - Utilizador aciona botão de teste ao circuito K2; B - Verificações aos pontos de teste fase L1 do circuito K2; C - Verificação da escolha de circuito monofásico K2; D - Verificações aos pontos de teste fase L2 do circuito K2; E - Verificações aos pontos de teste fase L3 do circuito K2; F - Utilizador aciona botão de teste ao circuito K1; G - Verificações aos pontos de teste fase L1 do circuito K1; H - Verificação da escolha de circuito monofásico K1; I - Verificação aos pontos de teste fase L2 do circuito K1; J - Verificação aos pontos de teste fase L3 do circuito K1. ....	95
Figura 8.16 - Variáveis utilizadas para implementação do programa. A - Variáveis de entrada; B - Variáveis de saída. ....	96
Figura 8.17 - Totalidade das ações que o programa criado utiliza. ....	97
Figura 8.18 - Valores lógicos atribuídos às variáveis de saída na ação “SimularK24L1semtensao”. ....	97
Figura 8.19 - Totalidade das transições, em secção, que o programa implementado utiliza. As transições em variável não se encontram apresentadas. ....	98
Figura 8.20 - Na secção da transição “interruptoresOK_L1_Circ_k18” verifica-se se as variáveis dos interruptores apresentados são todas verdadeiras. ....	98
Figura 8.21 - Interface gráfica implementada no Unity Pro através do programa apresentado. O estado do simulador, nesta figura, é desligado.....	99
Figura 8.22 - Simulador demonstra ao utilizador que a régua monofásica está a funcionar corretamente. Simulação do caso 1. ....	100
Figura 8.23 - A simulação da ausência de tensão em K9 (disjuntor Q3) implica que o utilizador não selecione a respetiva checkbox. Simulação do caso 2.....	100
Figura 8.24 - A simulação da ausência de tensão em K20 (Contator K2) implica que o utilizador não selecione a respetiva checkbox. Simulação do caso 3.....	101
Figura 8.25 - Esquema elétrico da cablagem a ensaiar. ....	103
Figura 8.26 - Fluxograma do algoritmo de teste à cablagem. ....	104
Figura 8.27 - Circuito de simulação para teste do esquema elétrico projetado. ....	105
Figura 8.28 - Simulação 1. ....	106
Figura 8.29 - Simulação 2. ....	107
Figura 8.30 - 1 - Programa baseado no algoritmo criado; 2A - Verificação do cabo 1; 2B - Verificação do cabo 2; 2C - Verificação do cabo 3; 2D - Verificação do cabo 4. ....	108
Figura 8.31 - Variáveis utilizadas para implementação do programa. A - Variáveis de entrada; B - Variáveis de saída. ....	109
Figura 8.32 - Totalidade das ações que o programa criado utiliza ....	109
Figura 8.33 - Valor lógico atribuído à variável de saída na ação “DesligaQ4”. ....	110

Figura 8.34 - Interface gráfica implementada no <i>Unity Pro</i> através do programa apresentado. O estado do simulador, nesta figura, é desligado. ....	110
Figura 8.35 - Estado da interface gráfica para a simulação 1. ....	111
Figura 8.36 - Estado da interface gráfica para a simulação 2. ....	111
Figura 8.37 - Mesa de teste exemplo. A - Espaço dedicado para teste à cablagem onde estão impressos todos os dados necessários para a organização da mesma e os locais de perfuração para inserção de bornes de ligação (círculo a preto); B - Espaço dedicado para teste à régua onde estão impressos (a vermelho) os locais de perfuração para inserção de bornes de ligação. ....	115
Figura 8.38 - Régua fictícia cujas agulhas metálicas estabelecerão contacto com a régua real. Os pontos assinalados a vermelho, na parte superior da estrutura, são os pontos que ligarão à mesa de teste através de cabos cujo comprimento pode ser ajustado conforme a necessidade de movimentação da régua fictícia. ....	115
Figura 9.1 - Abordagem de controlo dos processos. A - Estrutura da abordagem; B - A abordagem tradicional utilizada pela Efacec, controlo por produto; C - Abordagem de controlo de processos proposta utilizando o sistema de teste projetado. ....	118



## Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Produtores de carregadores de veículos elétricos e alguns equipamentos desenvolvidos pelos mesmos. ....	4
Tabela 2.2 - Visão geral das políticas de iniciativa para carregadores de veículos elétricos por país. [4] .....	6
Tabela 2.3 - Vantagens e desvantagens da construção ou compra da ferramenta de teste automático. ....	13
Tabela 4.1 - Ações de manutenção preventiva. [18] .....	49
Tabela 5.1 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas. ....	55
Tabela 5.2 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas e módulos satélite com duas saídas. ....	55
Tabela 5.3 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas e dois módulos satélite com duas saídas cada um. ....	56
Tabela 5.4 - Lista dos ensaios de funcionamento utilizada pela <i>Efacec Electric Mobility</i> . ....	57
Tabela 8.1 - Variáveis, enquanto características, de tensão, configuração e dimensões da régua trifásica alvo de teste. ....	80
Tabela 8.2 - Quantidade, configuração e tensão na bobine dos relés. ....	81
Tabela 8.3 - Requisitos da aplicação para a escolha de cada módulo do equipamento. ....	112
Tabela 8.4 - Elementos a considerar na escolha do processador. ....	113



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

CA - Corrente Alternada  
CC - Corrente Contínua  
CCS - *Combined Charging System*  
CP - *Control Pilot*  
CPU - *Central Processing Unit*  
EMI - *Electromagnetic Interference*  
EV - *Electric Vehicle*  
EVSE - *Electric Vehicle Supply Equipment*  
LED - *Light-Emitting Diode*  
mm - Milímetros  
PLC - *Programmable Logic Controller*  
RCD - *Residual Current Device*  
RFID - *Radio Frequency Identification*  
V - Volts  
kWh - Quilowatt-hora  
QC - *Quick Charger*

## Lista de símbolos

$\Omega$  - Ohm





# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 - Motivação

A Efacec Electric Mobility tem vindo a desenvolver e produzir novos produtos na área da Mobilidade Elétrica **com prazos de entrega que têm necessidade de ser encurtados para responder às expetativas e requisito dos clientes**. Estando o negócio da Mobilidade Elétrica em crescimento significativo torna-se imperioso rever os atuais procedimentos que a empresa pratica aumentando a fiabilidade dos seus produtos e justificando-se o motivo da presente dissertação.

### 1.2 - Objetivos

O principal objetivo desta dissertação foca-se no desenvolvimento de um sistema de teste automático para ensaio da cablagem e régua que compõem o posto não modular durante o processo de montagem utilizando um PLC (*Programmable Logic Computer*). Várias etapas foram concretizadas para atingir o objetivo principal, nomeadamente:

- O estudo do equipamento;
- A identificação de blocos/funcionalidades no esquema elétrico do equipamento;
- Análise da viabilidade para desenvolvimento de um teste automático para cada um dos blocos;
- Escolha das características do equipamento necessário;
- Desenvolvimento de um programa que permite facilitar os ensaios.

O desenvolvimento deste trabalho irá incidir sobre um equipamento específico, o “EV - PC Non Modular”, em português, o posto de carregamento não modular. Para simplificar, este equipamento será denominado ao longo deste documento como posto não modular ou simplesmente carregador.

Além dos objetivos inicialmente propostos, desenvolveu-se complementarmente em VBA - Excel uma template com uma base de dados através do qual o boletim de ensaios que a Efacec realiza pode ser, em alguns campos, automaticamente preenchido.

## 1.3 - Estrutura da dissertação

A organização da dissertação foi estruturada em nove capítulos, cada um deles descrevendo as diferentes fases do trabalho desenvolvido:

- **Capítulo 1 - Introdução:**

Contém a motivação do presente trabalho e os diferentes objetivos estabelecidos.

- **Capítulo 2 - Estado da arte:**

Contém um enquadramento histórico do aparecimento dos carregadores elétricos com o desenvolvimento da mobilidade elétrica e ainda a importância da automatização na produção dos carregadores elétricos.

- **Capítulo 3 - Carregadores de veículos elétricos:**

Contém informação acerca dos carregadores que a Efacec Electric Mobility produz bem como os elementos constituintes normalizados.

- **Capítulo 4 - Posto Não Modular:**

Contém informação pormenorizada do posto não modular como o seu funcionamento em rede, modo de alimentação, circuitos constituintes, modo de utilização e manutenção preventiva.

- **Capítulo 5 - Análise dos ensaios realizados ao posto não modular:**

Contém conclusões retiradas a partir da visualização e estudo dos ensaios ao posto não modular e a área/bloco de atuação escolhido a partir desse estudo.

- **Capítulo 6 - *Template* de relatórios: VBA - Excel:**

Contém a explicação do projeto da *template* de relatórios onde se demonstra as funcionalidades da plataforma e como foram conseguidas.

- **Capítulo 7 - Projeto exemplificativo de um sistema de teste automático:**

Contém uma explicação do projeto realizado para familiarização com o tema da dissertação.

- **Capítulo 8 - Projeto do sistema de teste automático para o posto não modular:**

Contém uma explicação detalhada dos esquemas elétricos e dos algoritmos criados para projetar o sistema de teste, bem como dos simuladores elaborados a partir destes.

- **Capítulo 9 - Conclusões e trabalho futuro**

Contém as conclusões inerentes ao trabalho realizado, bem como a importância do mesmo. Além das conclusões efetuaram-se sugestões para trabalho futuro, de modo a tornar o sistema de teste desenvolvido mais abrangente e completo.

# Capítulo 2

## Estado da arte

Ao longo de várias décadas tem-se verificado uma crescente preocupação na preservação do meio ambiente. Os problemas ambientais enfrentados atualmente não são novos, aliás a emissão de CO<sub>2</sub> começou há muitos anos atrás com a primeira grande revolução industrial, mas a compreensão da sua complexidade só agora tem a devida relevância. Os combustíveis fósseis estão em vias de extinção, o preço do petróleo é instável e é urgente reduzir o seu consumo e a dependência energética do exterior. Perante este panorama marcado por uma grave crise económica e crescentes preocupações ambientais, particularmente com o setor dos transportes, existe uma forte procura por alternativas.

Permanecer viável e operar de forma ecológica e económica é o objetivo das empresas responsáveis pelo desenvolvimento de novas tecnologias que podem pôr em causa o meio ambiente. Neste sentido surgem os veículos elétricos como uma solução limpa e económica. O paradigma da mobilidade está a mudar. Num futuro próximo, prevê-se que o veículo elétrico assuma uma posição importante no dia-a-dia. A prova disso foram os números revelados pela Associação Automóvel de Portugal que registou, em 2016, uma subida de 17,2% nas vendas de veículos elétricos em relação a 2015. Em números absolutos, em 2016 contaram-se 4134 veículos elétricos em Portugal. Espera-se no final de 2017 atingir as 5000 viaturas elétricas. [1]

O primeiro veículo elétrico terá surgido por volta de 1835 cujo criador se denomina por *Thomas Davenport* [2]. Consta que o primeiro veículo elétrico que surgiu foi o comboio, que isento de baterias era alimentado a partir da rede elétrica. O aparecimento da primeira bateria aconteceu muito antes, por volta de 1800 com Alessandro Volta, mas até à data não existiam registos de que baterias recarregáveis tivessem sido inventadas, o que limitou o aparecimento imediato dos carros elétricos. Posto isto, em 1859, um físico francês, *Gaston Planté* inventou a primeira bateria recarregável feita a partir de chumbo. Em 1881, esta descoberta permitiu a *Camille Faure* desenvolver o aumento da capacidade de armazenamento destas baterias criadas por *Gaston Planté*. Neste seguimento, pensa-se que o primeiro carro elétrico terá surgido por

volta de 1890 nos Estados Unidos. É difícil definir um inventor exato para a criação do primeiro carro mas o nome que surge associado é o de *William Morrison*, um químico que vivia em Des Moines, Iowa [3]. Assim, associadas às baterias recarregáveis e ao aparecimento dos primeiros automóveis elétricos terão surgido os primeiros carregadores de carros elétricos.

## 2.1 - Mercado de infraestruturas de carregamento

Os sistemas de carregamento de veículos elétricos foram inventados com o propósito de fornecer um carregamento seguro através do controlo da energia elétrica entre o veículo e a fonte (sistema de carregamento).

Existem várias empresas responsáveis pela produção destes sistemas de acordo com a Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 - Produtores de carregadores de veículos elétricos e alguns equipamentos desenvolvidos pelos mesmos.**

Empresas produtoras de sistemas de carregamento	Carregadores
<b>ABB</b>	
<b>Tritium</b>	
<b>ABL</b>	
<b>Delta</b>	MultiCar Supercharger 150Kw CC + 65 Kw CA.
<b>Circontrol</b>	QC Compact Series
<b>DBT</b>	
<b>Signet</b>	
<b>EBG compleo</b>	
<b>KEBA</b>	Parceiro oficial BMW para carregamento CA (WallBoxes)
<b>etrel</b>	
<b>Efacec Electric Mobility</b>	

Entre elas, a empresa portuguesa *Efacec* que tem, recentemente, uma unidade dedicada à produção de carregadores: *Efacec Electric Mobility*.

Nos últimos anos, a Europa tem vindo a aderir ao setor da mobilidade elétrica. As vendas globais e europeias ainda são pequenas (os registos de novos veículos elétricos estão abaixo de 1%), no entanto, estudos recentes da *Mckinsey* (2014) revelam que o crescimento acelerou e foi impulsionado pelo apoio do governo e por uma oferta melhorada por parte da indústria

automóvel. A Noruega, um exemplo desse crescimento, conseguiu colocar no topo das vendas de automóveis, nos meses de Setembro, Outubro e Dezembro de 2013, os veículos elétricos BEV (Battery Electric Vehicle).

Juntamente com o crescimento da utilização dos veículos elétricos, a tecnologia e a infraestrutura para os carregar está também a ser desenvolvida. Em muitos países da Europa, o setor público assumiu a liderança na instalação de infraestruturas onde os PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) e os BEV podem ser carregados.

Dado que os custos de implantação em larga escala, na Europa, destas infraestruturas são demasiado elevados para serem suportadas unicamente pelo setor público (o custo de produção de um carregador ronda os 2000€), um dos maiores desafios do sector de veículos elétricos é atingir viabilidade comercial no desenvolvimento das infraestruturas de carregamento nos próximos anos.

### 2.1.1 - Mobilidade elétrica: Tendências de carregamento

Com o aumento das vendas de veículos elétricos, a instalação de infraestruturas de carregamento também tem aumentado nos últimos anos. Existem algumas formas de carregamento que têm penetrado o mercado, sendo umas melhores sucedidas que outras:

- Troca de baterias: utilizado em reduzida escala. Na prática, quase nenhum dos novos veículos elétricos produzidos permitem a troca de baterias.
- Carregamento por indução ou *Wireless*: projeto piloto que ainda não está a ser comercializado. Esta tecnologia permitirá carregar a bateria de um veículo através de um campo eletromagnético gerado por uma superfície que se encontra debaixo do veículo.
- Carregamento por cabo: este carregamento é o mais utilizado de todos e envolve a ligação física do veículo ao carregador através de um cabo adequado. Em 2013, mais de 20 milhares de estações de carregamento públicas estavam instaladas pela Europa, utilizando esta metodologia de carregamento.

Relativamente aos países que lideram a implantação de infraestruturas de carregamento, a Dinamarca, Países Baixos, Alemanha e Reino Unido estão na frente de acordo com a Tabela 2.2.

**Tabela 2.2 - Visão geral das políticas de iniciativa para carregadores de veículos elétricos por país.**  
[4]

País	Descrição	Pontos de carregamento instalados (excluindo os domésticos) em 2013
<b>Reino Unido</b>	44 Milhões de euros investidos em pontos de carregamento para residências, ruas, ferrovias e locais públicos. Até 2015 planeavam-se 13500 pontos de carregamento domésticos e 1500 pontos de carregamento na rua.	Carregadores lentos: ~3000 Carregadores rápidos: ~150
<b>França</b>	50 Milhões de euros para cobrir 50% da infraestrutura de carregamento dos veículos elétricos (custo do equipamento e instalação)	Carregadores lentos: ~1700 Carregadores rápidos: ~100
<b>Alemanha</b>	O governo alemão apoia o desenvolvimento de tecnologias de carregamento indutivo e rápido e incentiva a instalação de infraestruturas de carregamento.	Carregadores lentos: ~2800 Carregadores rápidos: ~50
<b>Países Baixos</b>	O governo introduziu taxas de incentivo para apoiar a criação de infraestruturas de carregamento.	Carregadores lentos: ~6000 Carregadores rápidos: ~120
<b>Portugal</b>	Subsídio de 5000€ para os primeiros 5000 novos carros vendidos e 1500€ de incentivo para os consumidores que trocam um carro usado por um novo carro elétrico.	Carregadores lentos: ~1000 Carregadores rápidos: ~70
<b>Espanha</b>	Incentivos públicos para um projeto piloto.	Carregadores lentos: ~800 Carregadores rápidos: ~20
<b>Suécia</b>	Não existe apoio para pontos de carregamento para além do financiamento do I&D (Investigação, Desenvolvimento e Demonstração) de 1 milhão de euros em 2012.	Carregadores lentos: ~1000 Carregadores rápidos: ~20
<b>Dinamarca</b>	10 Milhões de euros para desenvolvimento das infraestruturas de carregamento.	Carregadores lentos: ~3800 Carregadores rápidos: ~120
<b>Finlândia</b>	5 Milhões de euros de investimento para o programa de desenvolvimento dos carregadores de veículos elétricos que terminou em 2013.	Carregadores lentos: sem informação Carregadores rápidos: sem informação
<b>Noruega</b>	1200€ de subsídio para implantação de uma estação de carregamento em Oslo.	Carregadores lentos: ~1300 Carregadores rápidos: ~87

As designações de “carregadores lentos” e “carregadores rápidos” foram atribuídas pela Comissão Europeia e estão relacionadas com a potência do carregamento, em kW (Quilowatts). Os carregamentos de potências iguais ou inferiores a 22kW são considerados lentos e carregamentos superiores a 22kW são considerados rápidos. Existe ainda uma definição intermédia, carregadores semi-rápidos, para carregamentos de potências entre os 20-25kW.

Em Portugal, o primeiro posto de carregamento para veículos elétricos foi instalado no Parque das Nações em Lisboa, em 2010, graças ao projeto MOBI.E, ver Figura 2.1.



Figura 2.1 - Carregador do projeto MOBI.E no Parque das Nações, Lisboa.

Este projeto previa a instalação de cerca de 1350 postos de carregamento e atualmente contam-se exatamente 447 postos espalhados pelo país (Novembro de 2016) [5]. A consolidação do projeto ainda não aconteceu porque a procura por veículos elétricos ainda não alcançou um nível sustentável em Portugal [6] o que significa que a produção de carregadores de veículos elétricos também é limitada.

Embora para Portugal a produção ainda seja limitada, segundo o EVTC (Electric Vehicle Transportation Center), em 2015, a China liderava o mercado dos veículos elétricos com cerca de 214 mil, seguindo-se a Europa com 184.5 mil e em 3º lugar os EUA com 115 mil [7]. Em 2010, das 178.5 milhões de famílias existentes nos Estados Unidos, 0.19% delas possuíam um veículo elétrico. Se o aumento das vendas dos veículos continuar estável prevê-se que em 2019, mais de 1% das famílias americanas tenham um carro elétrico. Este crescimento parece ser bastante satisfatório, pelo menos da perspetiva ambiental, uma vez que o veículo elétrico é uma solução limpa, no entanto, o carregamento simultâneo de vários veículos elétricos tem revelado alguns desafios. O crescimento do número de veículos pode levar a um aumento significativo de cargas

que exploram as redes de distribuição, dependendo se os carregamentos dos veículos são domésticos ou controlados. Os carregamentos domésticos, especialmente ao fim do dia, podem aumentar significativamente os designados “picos de consumo” da eletricidade. O impacto combinado de vários picos de consumo domésticos na rede de distribuição é particularmente elevado em zonas habitacionais com elevada penetração de veículos elétricos afetando principalmente as redes de distribuição de baixa tensão, exigindo dispendiosas atualizações da rede.

## 2.1.2 - Fundamentos do carregamento de veículos elétricos

O carregamento de um veículo elétrico depende de algumas variáveis. O nível de potência do carregador, a corrente que o veículo utiliza, o tipo de conetores e o tipo de baterias determinam quais os veículos elétricos que podem ser carregados, onde e quanto tempo demora o carregamento.

- **Nível de potência do carregador:**

O nível de potência do carregador, em kW, é definido pela tensão (V) e corrente (A) da fonte de alimentação e determina a rapidez com que a bateria de um veículo pode ser carregada. O nível de potência dos carregadores pode variar entre os 3.3kW e os 50 kW. Os valores de potência mais baixos estão associados normalmente aos carregamentos domésticos e podem levar cerca de algumas horas para carregar totalmente uma bateria. Carregadores de 3.3kW e 7kW podem carregar a bateria de um *Nissan Leaf* entre 8 e 4 horas respetivamente. Na outra extremidade da gama de potência, estão disponíveis os carregadores rápidos de 43kW a 50kW que demoram entre 20 a 30 minutos a carregar uma bateria.

- **Corrente elétrica:**

Como a eletricidade é fornecida pela rede elétrica em corrente alternada (CA) e as baterias só armazenam corrente contínua (CC), a corrente que provem da rede para o veículo elétrico tem de ser convertida. Os veículos elétricos preparados para carregar num carregador de CA estão equipados com um conversor CA-CC a bordo. No caso dos carregadores rápidos de CC, o conversor é integrado na estação de carregamento, o que significa que o próprio carregador converte a corrente alternada da rede em corrente contínua para o veículo.

- **Conetores:**

Atualmente existem vários tipos de conetores e tomadas de carregamento para ligar os veículos aos carregadores. Para carregamentos lentos, normalmente utiliza-se o conector Tipo 2 “*Mennekes*” desenvolvido por uma norma europeia. Para carregadores rápidos, existem dois conetores correntemente em uso: o japonês CHAdeMO e o Americano/Europeu CCS “Combo”.



- **Tipos de baterias:**

Diferentes modelos de veículos elétricos têm diferentes níveis de potência e diferentes valores de corrente que podem receber. Esta capacidade é determinada pelo tamanho das baterias, em kWh. Os veículos elétricos com baterias pequenas, *PHEVs*, carregam normalmente a um máximo de 3.7kW como é o caso do *Opel Ampera* e *Mitsubishi Outlander* por exemplo. Os veículos elétricos com baterias de maiores dimensões, *BEVs*, permitem níveis de energia mais elevados para o carregamento. Por exemplo, o Nissan LEAF possui uma bateria de capacidade de 24kWh que pode ser carregada a 7kW em CA ou 50kW em CC e o Renault Zoe possui uma bateria de capacidade 22kWh que pode ser carregada a partir de carregadores CA até 43kW.

Além do número de postos de carregamento com cabo instalados, o tipo de carregador - rápido VS lento - é um fator muito importante na compreensão do nível de cobertura da rede de carregamento.

Na Europa, para a rede pública de carregamento a relação atual é de aproximadamente 20 postos de carregamento lento para 1 de carregamento rápido. Alguns países como a Estónia, a Noruega, a Dinamarca e os Países Baixos estrearam iniciativas para instalar mais postos de carregamento rápido ao longo das rodovias para facilitar as viagens interurbanas.

## **2.2 - Mercado de sistemas de teste automático dos carregadores de veículos elétricos**

As tecnologias de carregamento dos veículos elétricos estão ainda a dar os primeiros passos, como já referido, e dependem de vários fatores. Existe uma grande diversidade de tecnologias de carregamento que variam segundo várias propriedades, normas locais e legislações. [8]

Como também já referido, o mercado da mobilidade elétrica é um mercado recente no que diz respeito aos carros elétricos e aos carregadores. **Desta forma compreende-se que não exista um mercado para sistemas de teste automático de carregadores.** No entanto existe um vasto mercado que possibilita a implementação de sistemas de teste automáticos através de ferramentas de controlo, sensores e atuadores. Por exemplo, no ramo de automação industrial, as ferramentas de controlo mais utilizadas são os sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Os SCADA têm inúmeras aplicações nomeadamente nas áreas de sistemas de energia, gás, água e comunicações.

Para além das ferramentas de controlo, a organização de processos atingida através de estratégias de planeamento é muito importante na construção de um sistema de teste automático.

## 2.3 - Características de um sistema de teste automático

Algumas indústrias responsáveis pelo fabrico de sistemas muito complexos, constituídos por uma grande quantidade e variedade de componentes utilizam estratégias de planeamento que facilitam a organização dos processos de montagem. A indústria automóvel é um dos exemplos práticos mais conhecidos.

A indústria automóvel, hoje em dia, está focada em soluções híbridas - motores de combustão convencionais e motores elétricos alimentados a partir de baterias. O processo de montagem torna-se mais complexo devido a este tipo de solução pois o espaço necessário para colocar os dois componentes acarreta problemas de qualidade relacionados com as peças flexíveis - os cabos elétricos. A montagem da cablagem é difícil devido a pontos de ramificação múltiplos, pesos e a flexibilidade do próprio material. Para evitar a deteção tardia de problemas de montagem, durante o projeto concetual deve ser tido em consideração a montagem da cablagem. O planeamento de um caminho automático para objetos deformáveis, como é o caso da cablagem, é reconhecido pela indústria automóvel como um sucesso.

Não só a indústria automóvel mas outras indústrias igualmente bem sucedidas continuam em transformação, apresentando mudanças significativas e adaptando-se à transição de uma economia local para uma economia global muito competitiva, com mercados que exigem produtos altamente personalizados de grande qualidade a baixos custos. Para se manterem competitivas, as empresas devem responder rapidamente aos pedidos dos clientes, melhorando a sua flexibilidade e agilidade, mantendo a qualidade de produção. Porque uma resposta dinâmica à emergência é uma questão chave no campo da produção, os sistemas tradicionais de controlo de produção que são construídos sobre arquiteturas rígidas de controlo, não permitem responder eficiente e eficazmente a mudanças. Nestas circunstâncias, o desafio atual é desenvolver sistemas de controlo de produção que exibam inteligência, robustez e adaptação às mudanças e distúrbios ambientais. A introdução de sistemas capazes de cumprir estes requisitos traria vantagens de modularidade, descentralização, autonomia, escalabilidade e reutilização.

Vários autores escreveram acerca da construção de sistemas de teste automático como é o caso de Mark Fewster e Dorothy Graham. Estes autores escreveram uma obra que não só apresenta casos de estudo, onde existem relatos do trabalho de algumas empresas, mas também autênticos procedimentos/guiões de como construir um sistema de teste automático e ainda em que situações é que se deve ou não aplicar um sistema de teste automático. Para os autores os testes automáticos devem contemplar uma série de atributos, embora frisem que seja impossível que todos os atributos estejam presentes no mesmo sistema:

- Sustentabilidade - se facilmente se realizam mudanças no *testware*<sup>1</sup> quando se altera o *software*;

Para a maioria das empresas é um grande esforço fazer atualizações nos sistemas de teste automáticos ou até mesmo substituí-los e por isso muitas vezes acabam por adquirir soluções mais baratas. Uma das formas de perceber se o sistema de teste é ou não sustentável é medir o esforço, em horas de trabalho, para atualização de testes.

- Eficiência - relacionados com o custo do teste;

Segundo os autores, um sistema de teste automático eficiente permite uma execução de determinada tarefa com menor esforço possível e num curto espaço de tempo. Para perceber se o sistema de teste automático é ou não eficiente deve-se calcular o custo que este representa, tendo em conta os salários e as despesas gerais que as pessoas representam e o tempo e esforço que utilizam em várias atividades relacionadas com o sistema de teste automático e ainda o *hardware*, *software* e outros recursos para executar os testes automáticos.

- Confiabilidade - se produzem resultados precisos e repetíveis;

Existem vários indícios que mostram se um sistema de teste automático é confiável ou não, como por exemplo:

1. a percentagem de falhas do próprio teste devido a defeitos;
2. o número de falsos negativos, isto é, quando aparentemente o teste falha mas os resultados estão, na verdade, corretos;
3. o número de falsos positivos, isto é, quando aparentemente o teste não falha e na realidade os resultados estão errados e o sistema de teste não deteta/identifica essas falhas.

- Flexibilidade - se correm subconjuntos de testes;

Um sistema de teste automático flexível deve permitir combinar diferentes casos de teste de diferentes formas para objetivos de teste diferentes. Existem alguns indicadores que permitem identificar se determinado teste automático é flexível ou não, como por exemplo, o tempo para testar uma correção de emergência numa versão antiga (um sistema que permite essa correção em duas horas é mais flexível do que um que demora dois dias) e o tempo necessário para identificar um conjunto de casos de teste para uma finalidade específica.

---

<sup>1</sup>Os autores definem como *testware*: “Os instrumentos necessários para planear, desenhar e executar testes, como documentação, scripts, inputs, resultados esperados, procedimentos, ficheiros, base de dados e qualquer software adicional ou equipamentos usados nos testes.”

- Usabilidade - se podem ser utilizados por diferentes tipos de utilizadores ou outros testes automáticos;

Podem existir diferentes requisitos de usabilidade de um regime de testes automatizados para diferentes tipos de utilizadores. Um dos indícios que permite concluir se um sistema de teste automático é de fácil utilização é o tempo que o utilizador usa para aprender a utilizar o sistema, ou seja, até se tornar produtivo.

- Robustez - se é capaz de lidar com eventos inesperados;

O número de testes que falham devido a um defeito no *software* bem como o tempo médio decorrido desde o início de um teste até que um evento inesperado faz com ele falhe também são dois indícios da robustez de um sistema de testes automático.

- Portabilidade - se podem ser utilizados noutros ambientes/contextos;

O tempo ou esforço necessário para que o sistema corra num novo ambiente ou numa nova plataforma de hardware é uma das formas de avaliar a portabilidade de um sistema. [9]

Para além dos atributos referidos, um ponto também importante, referido pelos autores, é entender se o mercado satisfaz os requisitos do sistema através de alguma ferramenta ou se a solução é construir a ferramenta que permite testar o sistema. Existem algumas vantagens e desvantagens associadas a cada uma das opções de acordo com a Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 - Vantagens e desvantagens da construção ou compra da ferramenta de teste automático.**

<b>Construir ou Comprar?</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Construir</b>	A ferramenta será adequada às necessidades do sistema e satisfará todos os requisitos com as devidas restrições.	Possivelmente não será uma ferramenta bem suportada em termos de documentação, suporte (ajuda) e aprendizagem.
	A ferramenta pode conter conhecimento (inserir dados) do sistema evitando trabalho adicional no que toca a construir testes automáticos.	A interface com o utilizador poderá ser pouco intuitiva e pouco atrativa.
<b>Comprar</b>	A ferramenta poderá ser consideravelmente mais barata para atingir um certo nível de requisitos e qualidade - usabilidade.	A ferramenta poderá não satisfazer totalmente os requisitos com as devidas restrições implicando algum desenvolvimento.
	A ferramenta, em princípio, será bem documentada, suportada pelo fabricante e de fácil aprendizagem.	

Como os autores frisam, é muito importante realizar um estudo do mercado para verificar se o que se pretende construir existe no mercado ou não. Se já existe uma solução compatível, deve-se verificar se cumpre o maior número de requisitos possíveis do sistema.

Os atributos identificados anteriormente estão praticamente todos direcionados para o *software*, aliás, no desenvolvimento de novos produtos na área de automação, o *software* representa, cada vez mais, a componente com maior peso final.

A Figura 2.2 revela que ao longo dos anos, os sistemas de produção têm vindo a diminuir a percentagem de custo de desenvolvimento de *hardware* (partes mecânicas e elétricas) passando um maior peso para o *software*.

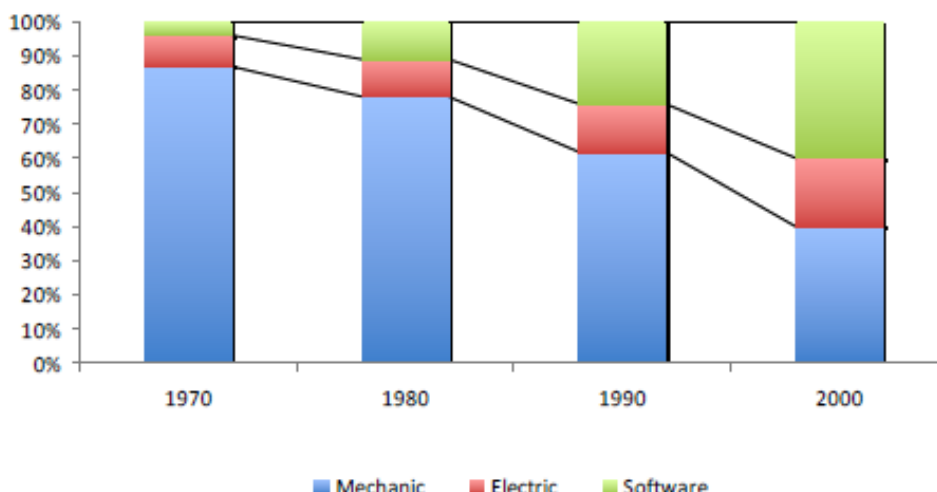


Figura 2.2 - Custo percentual de desenvolvimento de *software* nos sistemas de produção. [10]

A redução dos custos de *hardware* aliada a diferenças pouco significativas entre custos de equipamentos de fabricantes distintos justifica a importância do *software*, mas não só, pois parte substancial do tempo, recursos e custos de desenvolvimento de um produto estão dedicados ao software. Para além disso, as condições de desenvolvimento de novos produtos estão cada vez mais exigentes e impõem alguns requisitos. O desenvolvimento de um produto novo, hoje, implica baixo custo, elevada qualidade e facilidade de manutenção requerendo um domínio do ambiente de desenvolvimento de aplicações pois existe a eventualidade de optar por equipamentos de diferentes fabricantes o que significa não estar dependente das condições de um fabricante específico.

Os sistemas automáticos, sejam eles de teste ou não, necessitam de equipamentos de controlo que são programáveis e daí a importância do software. Os autómatos programáveis, conhecidos na literatura por PLC's, são sistemas computacionais baseados num microprocessador vocacionados para controlo a eventos discretos, ou seja, a interface com os processos físicos envolve, fundamentalmente, variáveis booleanas e o programa de controlo é baseado em operações lógicas. A esmagadora maioria das aplicações de controlo são executadas por autómatos programáveis utilizando a linguagem Ladder. Esta linguagem apresenta, no entanto, algumas limitações como as características da linguagem variarem entre fabricantes, a dificuldade em reutilizar blocos de software já desenvolvidos, ausência ou dificuldade em manipular estruturas de dados (por exemplo, vetores, matrizes), dificuldade em controlar a execução das aplicações (por exemplo, definir períodos de execução de 20 ms ou prioridades entre aplicações), dificuldade na implementação de operações aritméticas complexas e dificuldade em desenvolver aplicações sequenciais complexas como por exemplo implementar uma máquina de estados. Para ultrapassar os obstáculos apresentados, a norma IEC 61131-3, em 2007, veio superar estas dificuldades e foi o primeiro esforço real para normalizar as

linguagens de programação utilizadas em equipamentos de controlo em automação industrial. Inúmeras vantagens surgem graças ao desenvolvimento da norma:

- Desenvolvimento de software bem estruturado;
- Encapsulamento de dados e de código;
- Re-utilização de software desenvolvido previamente;
- Tipos de dados fortemente tipados o que reduz os erros inerentes à programação;
- Capacidade de controlo de execução dos programas;
- Implementação de comportamentos sequenciais complexos;
- Suporte de estruturas de dados complexas;
- 5 linguagens de programação, cada uma adaptada à resolução de problemas específicos;
- As aplicações desenvolvidas podem ser executadas em equipamentos de diferentes fabricantes sem necessidade de modificações no código (software independente do fabricante).

A norma IEC 61131-3 é constituída por 8 partes e a primeira versão surgiu em 1992. A terceira versão aconteceu em 2007 e veio definir elementos comuns como tipos de dados, variáveis, configurações, recursos e unidades de organização de programas e linguagens de programação como Ladder, Instruction List, Structured Text, Function Block Diagrams e Sequential Function Charts.

Muitos dos fabricantes começam agora a adotar as primeiras versões da norma o que se irá refletir no futuro certamente, tornando os sistemas mais compatíveis entre si e adaptáveis ao mercado.





# Capítulo 3

## Carregadores de veículos elétricos

### 3.1 - Introdução

A Efacec Electric Mobility é uma empresa que tem como objetivo projetar soluções de energia seguras e limpas em segmentos como mobilidade elétrica, inversores solares, sistemas de fornecimento de energia e projetos espaciais. A área da mobilidade elétrica é a responsável pelos carregadores dos veículos elétricos produzindo até hoje três tipos de carregadores.

Neste capítulo distinguir-se-ão os três tipos de carregadores que a Efacec Electric Mobility produz, tipos de conetores, modos de carregamento e configurações de carregamento. Estes últimos três itens foram previstos por normas identificadas durante este capítulo.

### 3.2 - Tipos de carregamento

Os tipos de carregamento estão normalmente associados a carregadores diferentes e a sua distinção é baseada no tempo que necessitam para realizar um carregamento. Pode-se afirmar que existem dois tipos de carregamento:

- Carregamento lento - carrega as baterias do veículo elétrico em cerca de 8 horas.
- Carregamento rápido - permite carregar 80% da capacidade das baterias aproximadamente em 30 minutos.

### 3.3 - Tipos de carregadores

Os carregadores são responsáveis por reabastecer as baterias dos veículos elétricos através de condutores para que possa haver transferência de energia.

Os três tipos de carregadores que a Efacec Electric Mobility produz podem ser classificados como: carregadores rápidos Figura 3.1 A, públicos Figura 3.1 B e domésticos Figura 3.1 C.



Figura 3.1 - Tipos de carregadores: A - Carregador rápido; B- Carregador Público; C - Carregador Doméstico.

### 3.3.1 - Carregadores rápidos

Os carregadores rápidos, Figura 3.1 A, são carregadores para veículos elétricos constituídos por 2 ou 3 conetores diferentes (CCS, tipo 2 e tipo 4) que serão descritos ao longo deste capítulo. Este tipo de carregadores, dependendo da capacidade das baterias do veículo, podem realizar carregamentos dos 0% aos 80% em aproximadamente 30 minutos. O carregador inclui saídas em CA e CC com diferentes potências: 3Kw/7Kw/22Kw/43Kw e 25Kw/45 a 50Kw respetivamente. O processo de carregamento termina por si só ou pode ser interrompido através de um comando do utilizador.

A Efacec Electric Mobility produz os seguintes tipos de carregadores rápidos: QC20, QC24S, QC45 e QCBus.

### 3.3.2 - Carregadores públicos

Os carregadores públicos, Figura 3.1 B, são compatíveis com todos os carros elétricos de acordo com a norma IEC 61851. Este equipamento está preparado para funcionar como um sistema isolado, *stand alone*, ou pode ser integrado numa rede de carregamento (vários carregadores). O carregador inclui saídas em CA com diferentes potências: 2,3Kw/3,7Kw/7,4Kw 11Kw/22Kw. O processo de carregamento termina por si só ou pode ser interrompido através de um comando do utilizador.

A Efacec Electric Mobility produz os seguintes tipos de carregadores públicos: *Pole Mount*, posto modular e o **posto não modular** que é o objeto de estudo desta dissertação.

### 3.3.3 - Carregadores domésticos

Os carregadores domésticos, Figura 3.1 C, são de menores dimensões e contém a tecnologia mais simples de entre os três tipos apresentados. Facilmente adaptam-se aos diferentes tipos de carros elétricos tal como os carregadores públicos. O carregador inclui saídas CA com potências que podem variar dos 3,7 aos 22Kw.

## 3.4 - Tipos de conetores

No que diz respeito aos tipos de conetores, alguns carregadores estão equipados apenas com tomadas de saída que têm de corresponder ao modelo dos conetores dos veículos elétricos, Figura 3.2.



Figura 3.2 - Posto não modular com duas tomadas de saída. [11]

Os produtores de veículos elétricos fabricam neste caso, cabos acessórios/adaptadores (com conetores à tomada de entrada do veículo elétrico e conetores à tomada de saída do carregador), Figura 3.3, que são compatíveis com os carregadores.

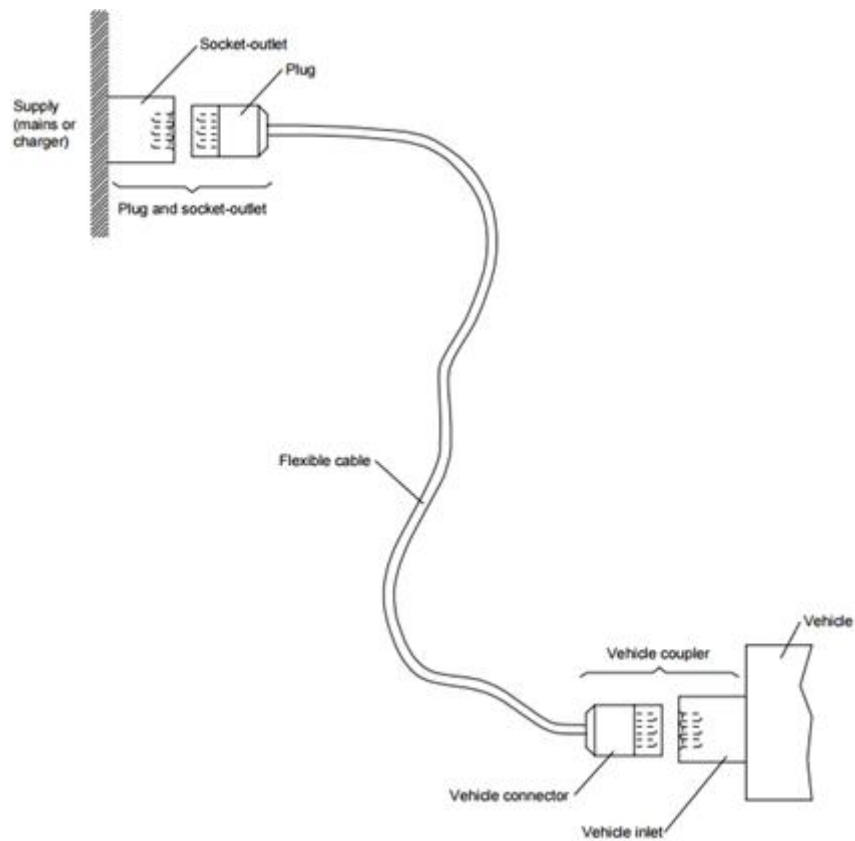


Figura 3.3 - Diagrama que demonstra a utilização do cabo acessório/adaptador. [12]

Outros carregadores, em vez de apresentarem tomadas de saída, apresentam fichas de carregamento incluindo já o conector, Figura 3.4.



Figura 3.4 - Posto não modular com ficha de carregamento. [11]

Existem 4 tipos de conetores em CA que a norma IEC 62196-2 classificou já estipulados por outras normas pioneiras. A norma, IEC 62196-3, definiu 4 tipos de conetores em CC.

### 3.4.1 - Conetor tipo 1

O conetor Tipo 1 em CA, também conhecido pelo nome comercial *Yazaki*, foi definido pela norma *SAE J1772* e é referente a acopladores (Figura 3.3 *Vehicle Coupler*) monofásicos. Geralmente é mais utilizado na América do Norte e no Japão.



Figura 3.5 - Conetor tipo 1 produzido pela *Phoenix Contact*. [13]

O conetor é constituído por 5 pinos, ver Figura 3.5: 2 de alimentação em CA, terra e 2 pinos de controlo.

O conetor Tipo 1 em CC foi classificado pela norma IEC 62196-3 e é referente a acopladores monofásicos. Geralmente este tipo de conetor é mais utilizado no Japão.

### 3.4.2 - Conetor tipo 2

O conetor Tipo 2, também conhecido pelo nome comercial *Mennekes*, foi definido inicialmente pela norma *VDE-AR-E 2623-2-2* e é referente a acopladores monofásicos e trifásicos.



Figura 3.6 - Conetor tipo 2 produzido pela Phoenix Contact. [13]

O conetor em CA representado na Figura 3.6 é constituído por 7 pinos: 3 de alimentação (fases), neutro, terra e 2 pinos de controlo. Para além do conetor de corrente alternada existe uma versão em CC.

Geralmente, este tipo de conetores são mais utilizados na Europa.

### 3.4.3 - Conetor tipo 3

O conetor tipo 3, também conhecido pelo nome comercial *Scame*, proposto pela *EV Plug Alliance*, é referente a acopladores monofásicos e trifásicos, que são utilizados maioritariamente pela Europa.



Figura 3.7 - Conetor tipo 3 produzidos pela Scame. [14]

Este tipo de conector apenas foi adotado por alguns fabricantes mas a tendência é que deixe de existir pois não é muito utilizado.

#### 3.4.4 - Conector tipo 4

O conector tipo 4, também conhecido pelo nome comercial *CHAdeMO*, foi definido pela norma *JEVS G105-1993* e é referente a acopladores de **corrente contínua**, normalmente utilizados no Japão.



Figura 3.8 - Conector tipo 4 produzido pela Yazaki. [15]

Este tipo de conector é o único que pode ser utilizado para o carregamento rápido onde as correntes máximas podem atingir os 125A a 500V CC. No entanto, está prevista uma revisão ao conector que permita atingir os 200A a 750V CC.

### 3.5 - CCS - Combined Charging Systems

Por todo o mundo existem diferentes redes elétricas e adotar um único tipo de conector dificilmente poderá acontecer por esse motivo. No Japão e na América do Norte utilizam-se conectores Tipo 1 monofásicos com tensões que podem variar dos 100-120/240V. Já a Europa opta por conectores Tipo 2 monofásicos (230V) ou trifásicos (400V).

No 15º congresso internacional da Associação dos engenheiros na Alemanha foi revelada a proposta do CCS em que 7 marcas de carros (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche and Volkswagen) concordaram em utilizar este sistema.

Este sistema foi regulamentado pela norma IEC 62196-3 originando-se duas variações de um novo conector e de uma nova tomada de entrada do veículo: uma utilizada nos EUA designada por CCS Combo 1 e outra utilizada na Europa designada por CCS Combo 2.

Em ambos os casos, Combo 1 e 2, o veículo possui uma tomada que permite o carregamento em CA e em CC. Se é utilizado o carregamento em CA, a energia é fornecida diretamente a partir da rede para um conversor CA/CC que se encontra no veículo. Se se pretende um

carregamento em CC, o conversor CA/CC encontra-se no carregador reduzindo a carga do veículo.



Figura 3.9 - Combined Charging System. A: Conector Tipo 2 carrega veículo em CA com a tomada de entrada C do lado do veículo; B: Conector Combo 2 carrega veículo em CC através da tomada de entrada C do lado do veículo; C: Tomada de entrada Combo 2 do veículo; D: Conector Tipo 1 carrega veículo em CA através da tomada de entrada F do lado do veículo; E: conector Combo 1 carrega veículo em CC através da tomada de entrada F do lado do veículo; F: Tomada de entrada Combo 1 do veículo. [16]

No caso da CCS Combo 1, o carregamento em CA é assegurado pelo conector Tipo 1, Figura 3.9 D, e o carregamento em CC é assegurado por um novo conector com pinos de controlo semelhantes ao do Tipo 1, Figura 3.9 E, e ainda dois pinos específicos para o carregamento CC.

No caso da CCS Combo 2, o carregamento em CA é assegurado pelo conector Tipo 2, Figura 3.9 A, e o carregamento em CC é assegurado por um novo conector com os pinos de controlo semelhantes ao do Tipo 2, Figura 3.9 B, e ainda dois pinos específicos para o carregamento CC.

### 3.6 - Modos de carregamento

Para além dos tipos de conectores, existem 4 modos de carregamento diferentes previstos pela norma: IEC 61851-1.

#### 3.6.1 - Modo 1

O modo de carregamento 1 representa a conexão do veículo elétrico à rede elétrica CA através de uma tomada doméstica, normalizada.





Figura 3.10 - Tomada Shuko, (CE/7).

Estas tomadas podem ser encontradas nas habitações, por exemplo em Portugal, e denominam-se comercialmente por tomadas Shuko.

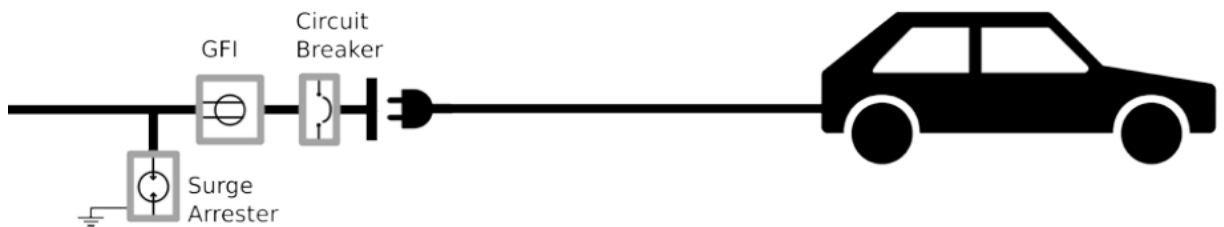


Figura 3.11 - Esquemático do modo de carregamento 1 sugerido pela Siemens. [8]

A corrente máxima admissível, neste modo de carregamento, é de 16A e a tensão não pode exceder os 250V CA monofásicos ou os 480V CA trifásicos.

No lado da alimentação, a norma obriga a utilização de um dispositivo de proteção à terra e um dispositivo contra sobrecorrentes. A Figura 3.11 ilustra o modo de carregamento 1 proposto pela Siemens em que o disjuntor (Figura 3.11 *Circuit Breaker*) é utilizado para proteção contra sobrecorrentes e o diferencial (Figura 3.11 Ground Fault Interrupter) é utilizado para desligar o circuito quando é detetada uma corrente de fuga. É recomendada a utilização de um descarregador de sobretensões (Figura 3.11 *Surge Arrester*) a fim de evitar possíveis danos nos veículos elétricos devidos a sobretensões de origem atmosférica ou de manobra, no entanto a norma não obriga a sua utilização.

O modo 1 de carregamento não é permitido em locais onde a utilização do disjuntor diferencial não esteja assegurado na rede elétrica por questões normativas. Por exemplo, os Estados Unidos da América não permitem este modo de carregamento.

Existem algumas limitações relativamente a este modo de carregamento. A primeira é relativa à potência disponível para evitar:

- aquecimento da tomada e do cabo devido a um carregamento exaustivo, isto é, que se prolonga por várias horas a máxima potência (dos 8 aos 16A dependendo do país).
- risco de incêndio ou prejuízos elétricos se a instalação elétrica é obsoleta ou se alguns dispositivos de proteção estão ausentes.

A segunda é relativa à gestão de energia nas habitações:

- como as tomadas de carregamento partilham a mesma alimentação a partir do quadro de distribuição com outras tomadas, se a soma dos consumos excede a proteção limite, o disjuntor dispara e consequentemente o carregamento pára.

### 3.6.2 - Modo 2

O modo de carregamento 2 representa a conexão do veículo elétrico à rede elétrica em CA, através de tomadas Shuko, mas utilizando uma caixa de controlo, Figura 3.12 *Inline Module*.

Este modo não permite exceder os 32A e os 250V CA monofásicos ou os 480V CA trifásicos. É obrigatória a utilização de condutores de alimentação e de proteção à terra. É ainda obrigatória a utilização de um diferencial entre o veículo elétrico e a tomada que pode estar integrado na caixa de controlo.

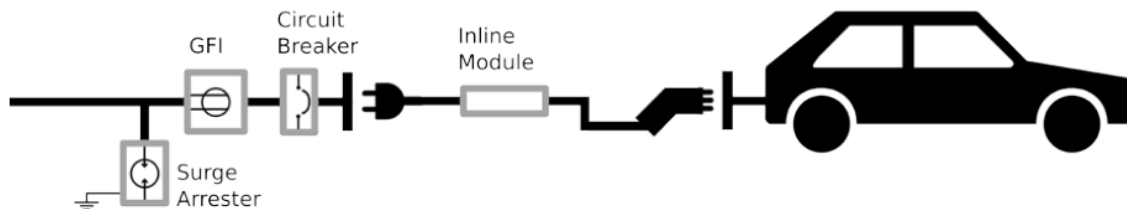


Figura 3.12 - Esquemático do modo de carregamento 2 sugerido pela Siemens. [8]

A caixa de controlo é um sistema de controlo do carregamento integrado no cabo de carregamento o que obriga a que o conector ao veículo possua um pin de controlo. Desta forma, o conector permite comunicação entre a caixa de controlo e o veículo.

### 3.6.3 - Modo 3

O modo 3 obriga a conexão do veículo elétrico a um EVSE<sup>2</sup>, isto é, a um carregador. A ligação do carregador à rede elétrica pode ser monofásica ou trifásica. Este modo obriga a incorporação de um sistema de controlo no veículo e no carregador (Figura 3.13 *EVSE Control Module*) que se designa por *Control Pilot* (CP). Este sistema de controlo permite o cálculo da corrente a ser entregue ao veículo pelo carregador. A Figura 3.13 mostra uma das possibilidades para este modo de carregamento.

<sup>2</sup> Segundo a norma IEC 61851-1, os equipamentos responsáveis pelo carregamento dos veículos elétricos designam-se por EVSE - Electric Vehicle Supply Equipment.

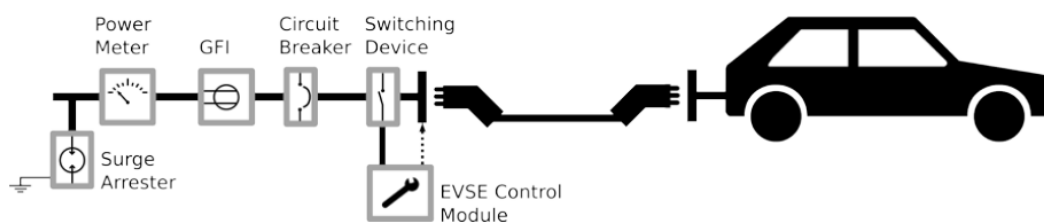


Figura 3.13 - Esquemático do modo de carregamento 3 sugerido pela Siemens. [8]

O modo de carregamento 3 obriga a utilização de dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (disjuntores) e um diferencial (GFI) no carregador. O descarregador de sobretensões é opcional.

Este modo de carregamento implica a utilização de tomadas e conectores específicos de acordo com os tipos de conectores apresentados anteriormente.

#### 3.6.4 - Modo 4

O modo de carregamento 4 é exclusivo para carregamentos em CC. Obriga, por isso, a ligação de um carregador à rede elétrica em CA que tem de possuir um conversor CA/CC para poder fornecer a corrente contínua à bateria do veículo elétrico diretamente.

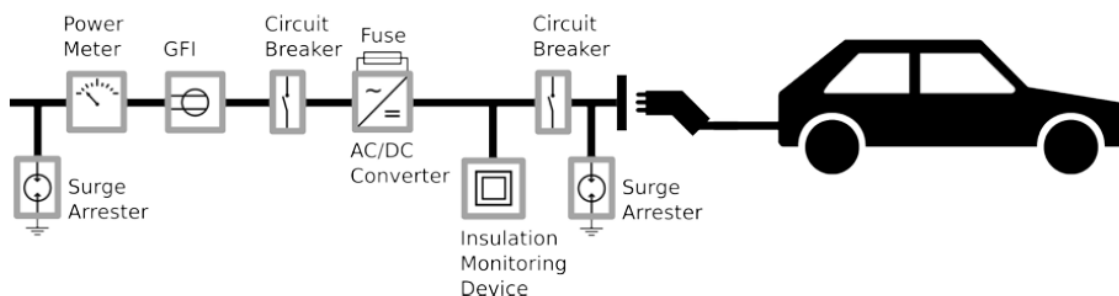


Figura 3.14 - Esquemático do modo de carregamento 4 sugerido pela Siemens. [8]

A Figura 3.14 é uma possibilidade de representação do modo de carregamento 4. De notar que a norma obriga a utilização de disjuntores e diferenciais, tal como no modo de carregamento 3, e a função de CP.

### 3.7 - Configurações de conexão

Para além dos tipos de conectores e modos de carregamento existem também 3 configurações de conexão diferentes previstas pela norma IEC 61851-1.

### 3.7.1 - Caso A

A conexão do veículo elétrico à rede elétrica em CA é realizada através de um cabo de alimentação e um conector permanentemente ligado ao veículo de acordo com a Figura 3.15.

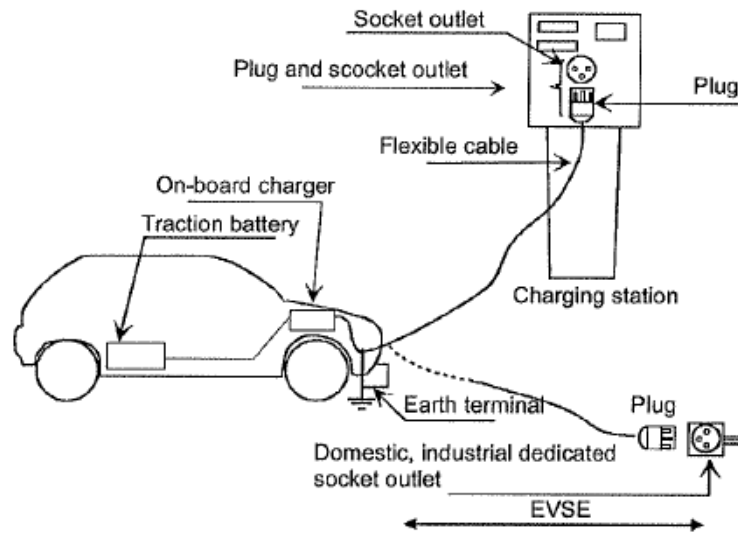


Figura 3.15 - Caso A das configurações de conexão. [17]

A ligação à rede elétrica pode ser feita de duas formas:

- A1: Cabo de alimentação ligado a uma tomada doméstica ou industrial.
- A2: Cabo de alimentação ligado a um carregador.

### 3.7.2 - Caso B

A conexão do veículo elétrico à rede elétrica em CA implica a utilização de um cabo de alimentação com um conector ao veículo numa das extremidades e um conector na outra extremidade que liga ao equipamento que fornece energia de acordo com a Figura 3.16.

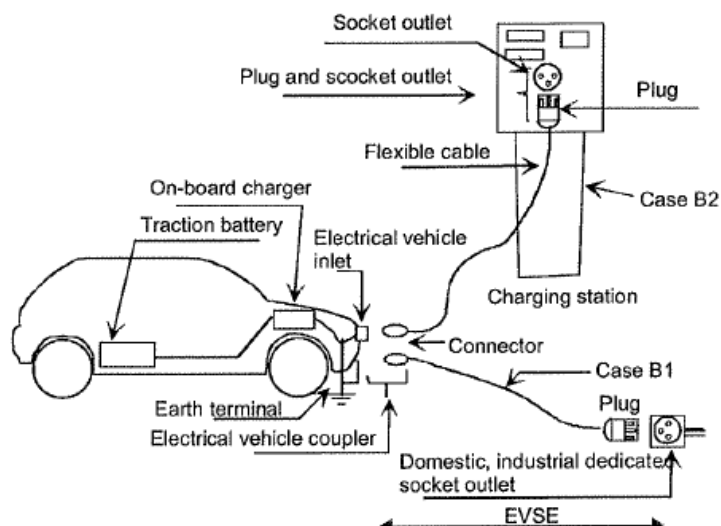


Figura 3.16 - Caso B das configurações de conexão. [17]

A ligação à rede elétrica pode ser feita de duas formas:

- B1: Cabo de alimentação ligado a uma tomada doméstica ou industrial.
- B2: Cabo de alimentação ligado a um carregador.

### 3.7.3 - Caso C

A conexão do veículo elétrico à rede elétrica em CA implica a utilização de um cabo de alimentação com um conector ao veículo numa das extremidades e outra extremidade permanentemente ligado ao dispositivo de alimentação, de acordo com a Figura 3.17.

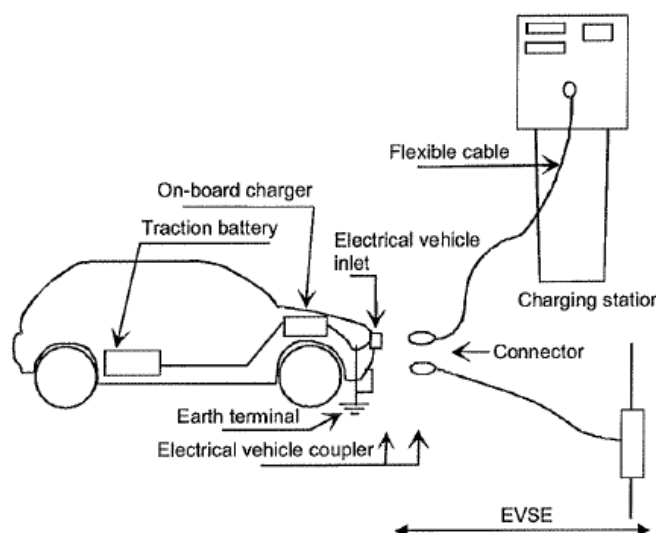


Figura 3.17 - Caso C das configurações de conexão. [17]

O caso C só é permitido pelo modo de carregamento 4.

### **3.8 - Conclusão**

Este capítulo permitiu explorar os diferentes carregadores que Efacec Electric Mobility produz. Para além disso, foi possível apresentar as configurações normalizadas que os carregadores podem tomar.

Os conceitos abordados anteriormente serão utilizados no capítulo seguinte, para a apresentação do posto não modular.

O próximo capítulo contempla uma explicação detalhada do posto não modular, objeto de estudo nesta dissertação.

# Capítulo 4

## Posto não modular

### 4.1 - Introdução

O posto não modular pertence à categoria dos carregadores públicos e pode ser utilizado em parques públicos, supermercados, centros comerciais e frotas.

Este tipo de carregadores normalmente utiliza a tomada de saída correspondente aos conetores Tipo 2 (e consequentemente o modelo correspondente das tomadas) que podem ser substituídos por outros tipos consoante o pedido do cliente. O seu modo de carregamento é o 3.

O posto não modular apresenta algumas características principais como:

- Várias saídas com diferentes potências;
- Expansibilidade (mestre-escravo);
- Versatilidade em termos de instalação;
- Monitorização e controlo remoto e local;

Este capítulo apresentará uma análise ao posto não modular, desde o seu funcionamento em rede, características externas, modo de alimentação, circuitos constituintes e respetivas funcionalidades até ao seu modo de utilização e manutenção preventiva. O posto não modular, objeto de estudo nesta dissertação, é trifásico com duas saídas de 22Kw.

### 4.2 - Descrição do posto não modular

#### 4.2.1 - Funcionamento em rede

Como já foi referido o posto não modular pode funcionar como um sistema isolado, *stand alone*, ou pode pertencer a uma rede de carregadores, com vários satélites (escravos), que são controlados por um posto central (mestre) como se pode verificar pela Figura 4.1. Sempre que

a instalação requer o posto central e os satélites, devem existir dois tipos de cabos a ligar a unidade central e os satélites: os de alimentação (+12V) e os de comunicação. Estes últimos permitem troca de dados entre o posto central e módulos satélite. A ligação de cada carregador à rede elétrica é independente tal como representado na Figura 4.1.

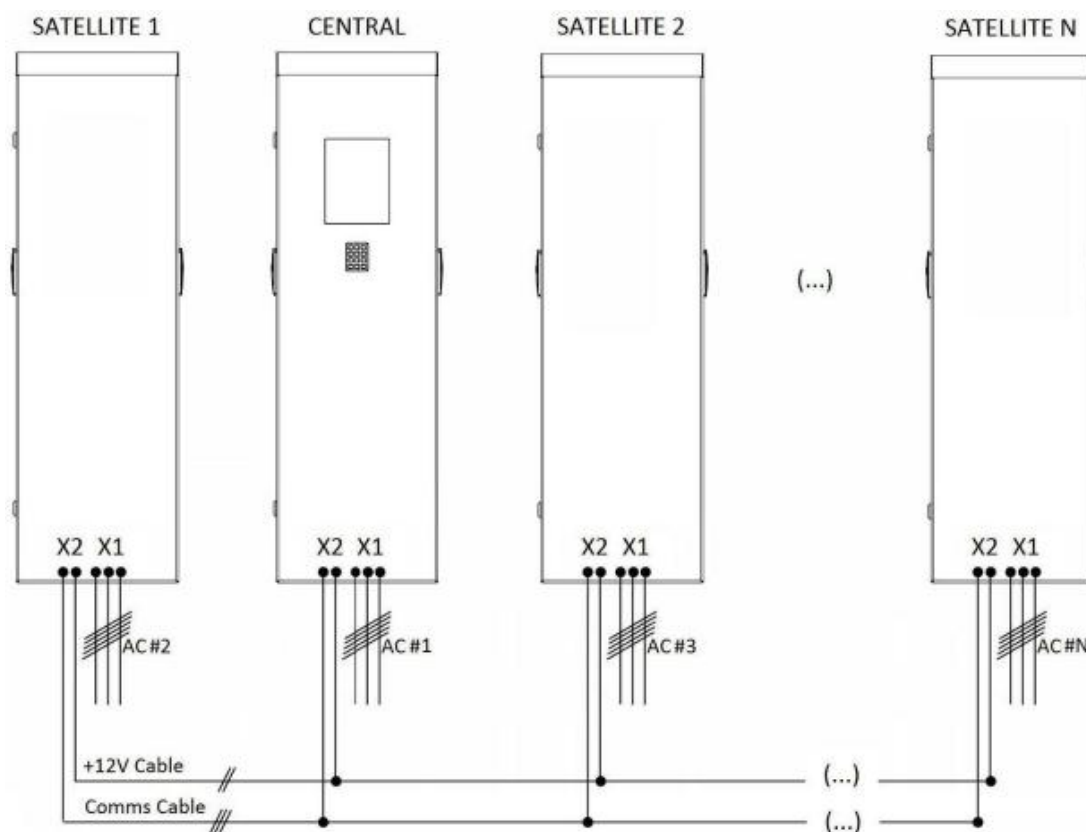


Figura 4.1 - Esquema de ligação entre o posto central e módulos satélite. [18]

O esquema de ligação representado na Figura 4.1 é relativo a carregadores trifásicos, caso se trate de carregadores monofásicos a ligação à rede elétrica é realizada a partir de uma fase e um neutro.

O posto central controla os satélites e permite ao utilizador selecionar o satélite desejado para efetuar o carregamento do carro, caso este se encontre disponível. Apesar do posto central incluir um ecrã de interface com o utilizador, também pode ser usado como carregador desde que equipado com tomadas de carga tal como os satélites. Independentemente de se tratar do posto central ou dos satélites, cada um possui duas tomadas de saída de carregamento. As tomadas estão representados na Figura 4.2.





Figura 4.2 - Tipos de tomadas: A - CE/7 e B - Correspondente ao conector Tipo 2. [18]

A Figura 4.2 representa dois dos tipos de tomadas que a *Efacec Electric Mobility* mais utiliza para o posto não modular. A tomada Figura 4.2 A é prevista pela norma CEE 7/3 e é comumente designada por tomada *Shuko*, como referido anteriormente. Além desta tomada é usada uma tomada Tipo 2, Figura 4.2 B.

#### 4.2.2 - Características externas

Em países onde os climas são extremos, com temperaturas muito altas ou neve, para comodidade de utilização devem ser instaladas proteções como as representadas na Figura 4.3 B.

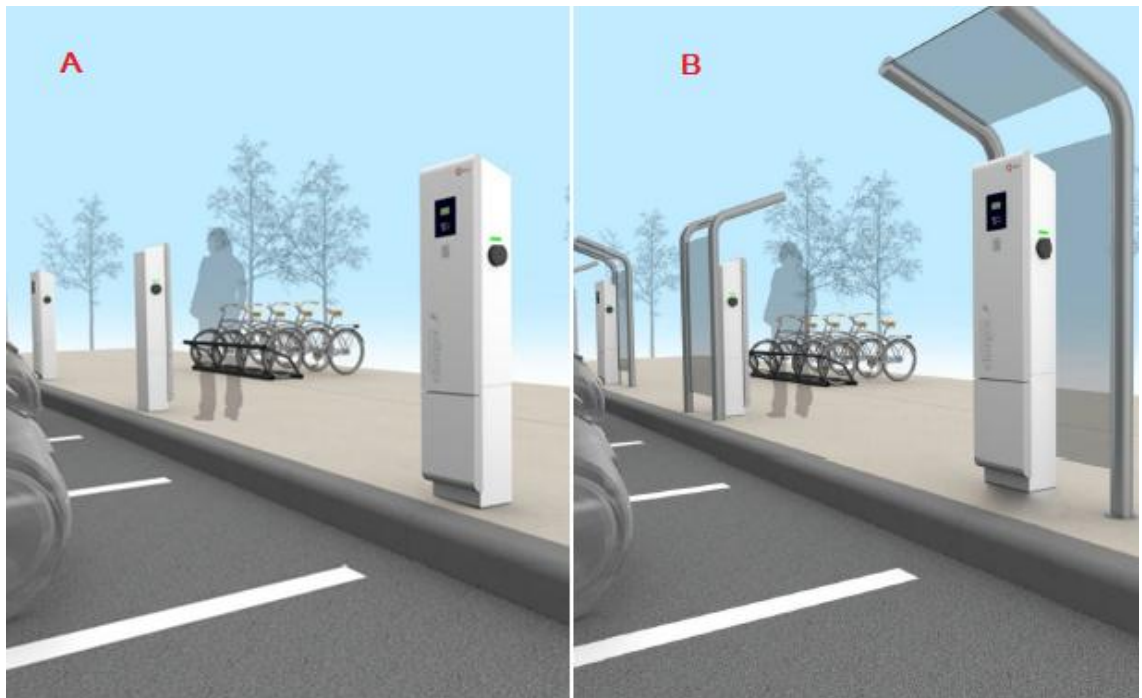


Figura 4.3 - Estação de carregamento com postos não modulares. [18]

O carregador não necessita de proteções adicionais, Figura 4.3 A, contra climas agrestes uma vez que o seu *design* e carcaça foram pensados de forma a assegurar proteção ao carregador, IP 54<sup>3</sup>.

#### 4.2.2.1 - Versatilidade

O posto não modular pode ser instalado de duas formas:

- Fixo na parede, ver Figura 4.4 A;
- Fixo ao chão, ver Figura 4.4 B.



Figura 4.4 - Posto não modular: A - Fixação na parede; B - Fixação no chão. [18]

De acordo com a Figura 4.4, o posto não modular tem alturas e pesos diferentes mas o seu funcionamento interno é equivalente.

#### 4.2.3 - Alimentação e proteção

Relativamente à proteção elétrica, os postos não modulares exigem a presença de disjuntores que protegem os equipamentos contra sobrecorrentes, como os evidentes na Figura 4.5.

<sup>3</sup> Segundo o Ponto 4.2 do Capítulo 4 da Norma IEC 60529. [19]

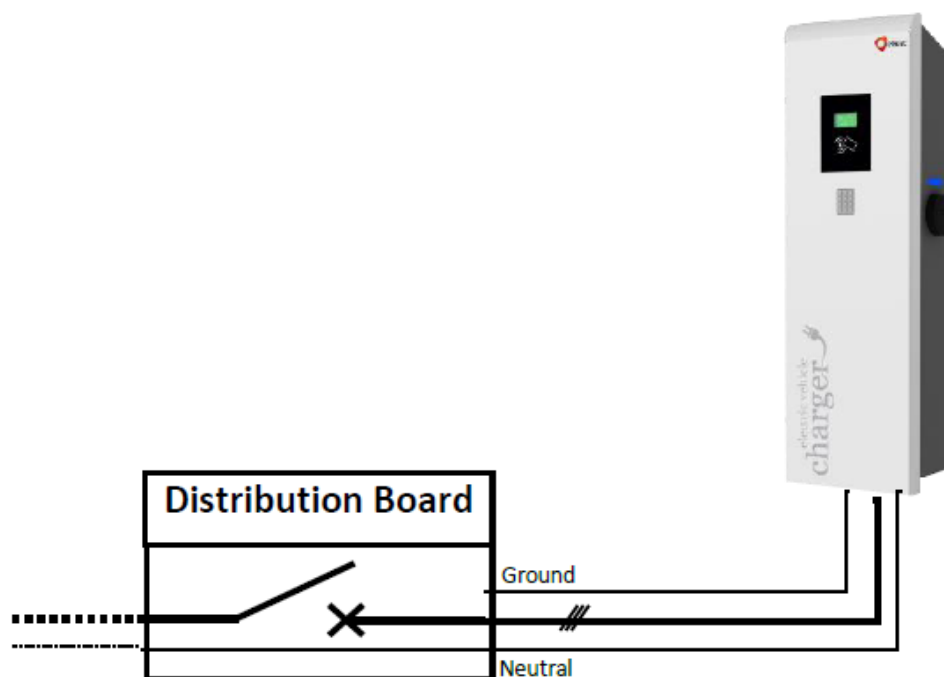


Figura 4.5 - Informação relativa à alimentação e localização do disjuntor do posto não modular. Sistema trifásico como exemplo. [18]

A escolha do disjuntor de proteção dos módulos satélite e do posto central é feita em função da potência dos carregadores como mostra a Figura 4.6.

		1 <sup>st</sup> Output				
		2,3 kVA	3,7 kVA	7,4 kVA	11 kVA	22 kVA
2 <sup>nd</sup> Output	---				20A 3P C	40A 3P C
	2,3 kVA	16A 3P C				
	3,7 kVA	20A 3P C				63A 3P C
	7,4 kVA			40A 3P C	63A 3P C	80A 3P C
	11 kVA			63A 3P C	40A 3P C	63A 3P C
	22 kVA	63A 3P C	80A 3P C	63A 3P C	80A 3P C	

Figura 4.6 - Proteção contra sobrecorrentes a montante. [18]

O carregador pode ser alimentado de duas formas distintas através da rede elétrica, em trifásico ou monofásico, consoante a sua configuração. Na configuração trifásica estes incluem

três fases, o neutro e a terra (3F+N+T). A configuração monofásica inclui uma fase, o neutro e a terra (1F+N+T).

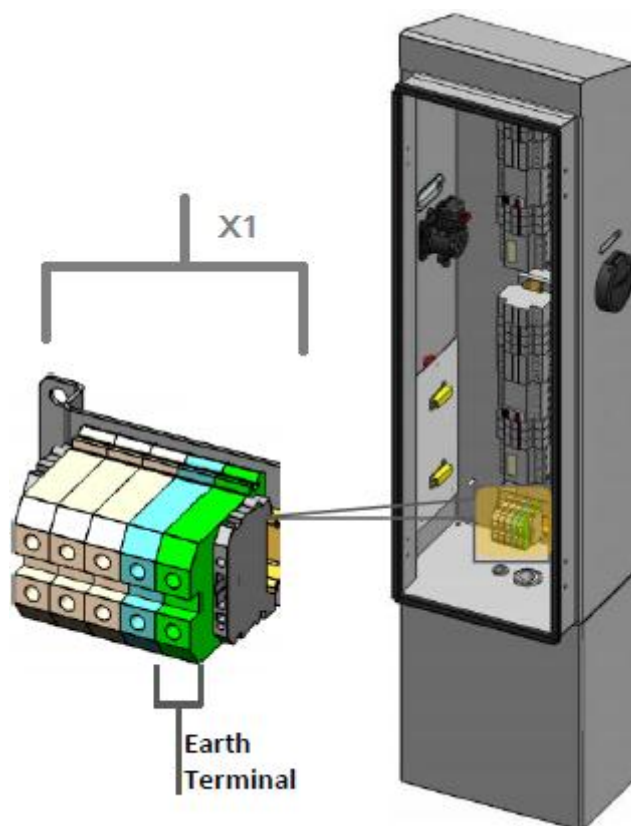


Figura 4.7 - Terminais de entrada do posto não modular. [18]

A alimentação do carregador é feita num compartimento específico e de acesso restrito tal como ilustrado na Figura 4.7 X1, onde são ligadas as fases, neutro e terra vindas da rede elétrica.

#### 4.2.4 - Características internas

Pormenorizando, o posto não modular possui, normalmente, um **circuito de interface**, uma **carta de controlo**, **cablagem** que liga os componentes e dois dispositivos comumente designados por **régua**s responsáveis pela proteção de cada uma das saídas. No fundo, estes 4 itens identificados são os blocos/funcionalidades principais do posto não modular.

A cablagem não será explicada ao longo deste capítulo por constituir um elemento que simplesmente realiza a ligação entre os diferentes blocos identificados. No entanto será devidamente enquadrada no Capítulo 5 onde se justifica a apresentação de uma secção exclusiva para tratamento.

É importante reter que o posto não modular pode apresentar uma constituição diferente mediante os requisitos do cliente.

De seguida apresenta-se uma descrição dos componentes referidos neste ponto.

#### 4.2.4.1 - Circuito de interface

O circuito de interface, identificado na Figura 4.8, inclui:

- Uma fonte de energia do próprio carregador, constituída por um conversor CA/CC, uma bateria e um filtro;
- Um circuito de comunicação constituído por um microprocessador e um router.

- **Conversor CA/CC:**

O carregador necessita de abastecer os seus componentes internos como a bateria, o microprocessador e o router. Estes componentes funcionam em CC e por isso é necessário o conversor CA/CC, que se liga a uma das fases que alimenta o carregador (CA) para carregar a bateria.

- **Bateria:**

A bateria é responsável pela alimentação da eletrónica interna do carregador: microprocessador, router, e display. Para além disso a função da bateria é, por exemplo, permitir que o utilizador termine sessão e retire a ficha de carregamento do veículo quando um conector fica mecanicamente bloqueado na entrada do veículo pelos motores de encravamento aquando de uma falha na rede elétrica.

- **Filtro:**

O filtro permite eliminar o ruído característico da rede elétrica (normalmente provocado por eletrodomésticos, máquinas rotativas e outros aparelhos) permitindo o bom funcionamento do microprocessador e do router.

- **Microprocessador:**

O microprocessador, identificado na Figura 4.8 A3, possui o sistema operativo (SO) Linux e a partir de comandos que correm nesse SO controla toda a eletrónica do carregador e as ações do carregador. Os comandos que correm no SO estão guardados numa memória do microprocessador.

Para que o microprocessador consiga realizar o controlo referido, a carta de controlo transmite-lhe todas as informações necessárias (tensão nas fases, temperatura interna do carregador, dados introduzidos no display pelo utilizador entre outros) e por isso é necessária uma ligação física entre os dois para estabelecer comunicação, Figura 4.8 DB9. O microprocessador comunica também com um leitor de cartões com sistema RFID por USB. O sistema RFID é uma tecnologia de identificação automática que utiliza campos

eletromagnéticos de radiofrequência para reconhecer, neste caso, os cartões do utilizador. A informação transmitida através do cartão trata-se apenas de um *ID*.

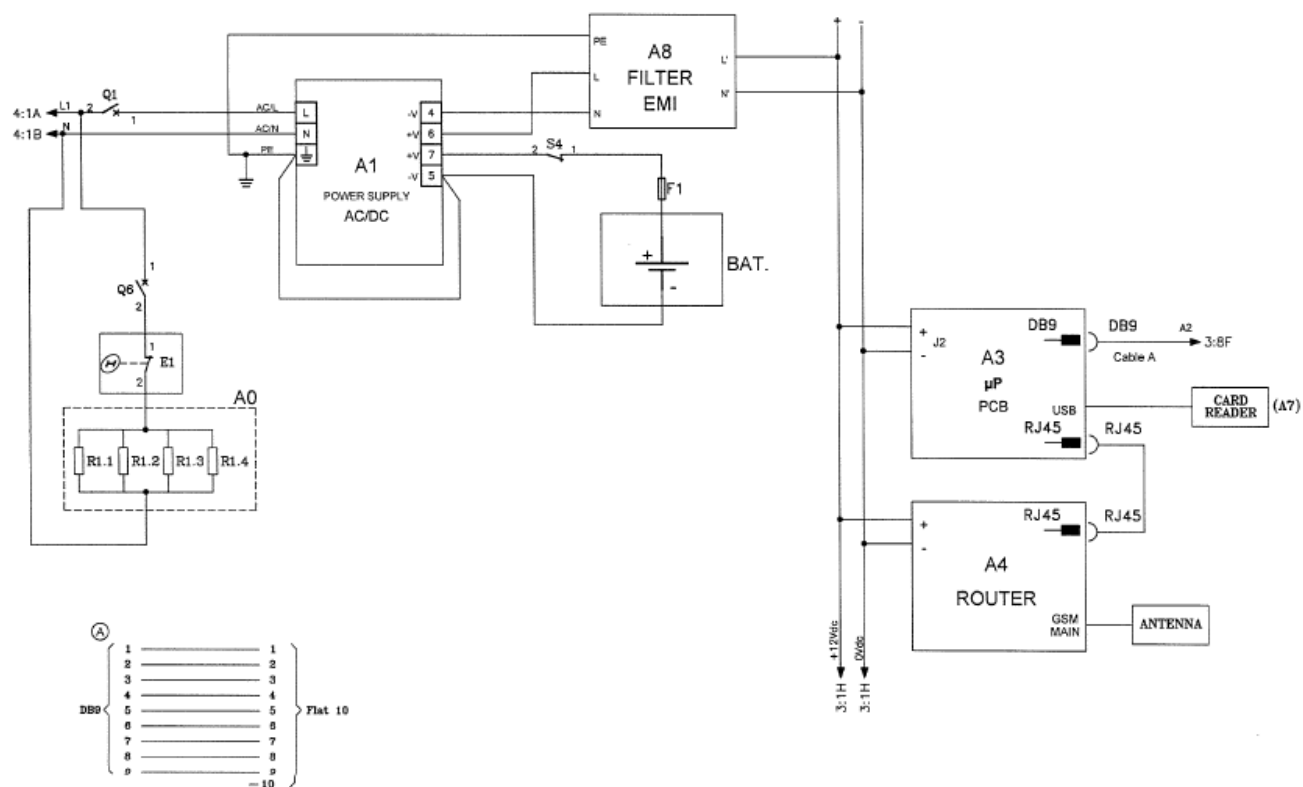


Figura 4.8 - Esquemático do circuito de interface do posto não modular. [20]

- Router:

O *router*, evidente na Figura 4.8, é responsável por estabelecer comunicações com o exterior, como por exemplo, configurações, operações remotas, atualizações e validação de cartões.

Para validar o cartão do utilizador, o leitor de cartões transmite o *ID*, por USB, ao microprocessador que, por sua vez, o transmite ao *router*. A comunicação entre o microprocessador e o *router* dá-se através do conector RJ45. Depois do servidor do *router* identificar o *ID*, o cartão é validado e consequentemente o carregamento do veículo elétrico ficará disponível.

O *router* torna-se dispensável quando o posto não modular é utilizado como sistema isolado deixando de poder realizar operações remotas por exemplo. Apesar de dispensável, o *router* permanece no carregador caso o cliente pretenda mais tarde alterar algumas funcionalidades. Desta forma, como o *router* não está funcional, no microprocessador do carregador, através de comandos específicos, cria-se uma *whitelist*. A *whitelist*, como o próprio nome indica, é uma lista de *ID*'s autorizados e que permitem acesso ao carregador. Esta lista está guardada na memória do microprocessador.

#### 4.2.4.2 - Carta de controlo

A carta de controlo, Figura 4.9, é alimentada a 12V CC e comunica com o microprocessador através da porta série RS232. É essencialmente constituída por sinalizadores luminosos (*LEDs*) e ligações a motores de encravamento, à régua, ao *display*, ao teclado e a resistências de aquecimento.

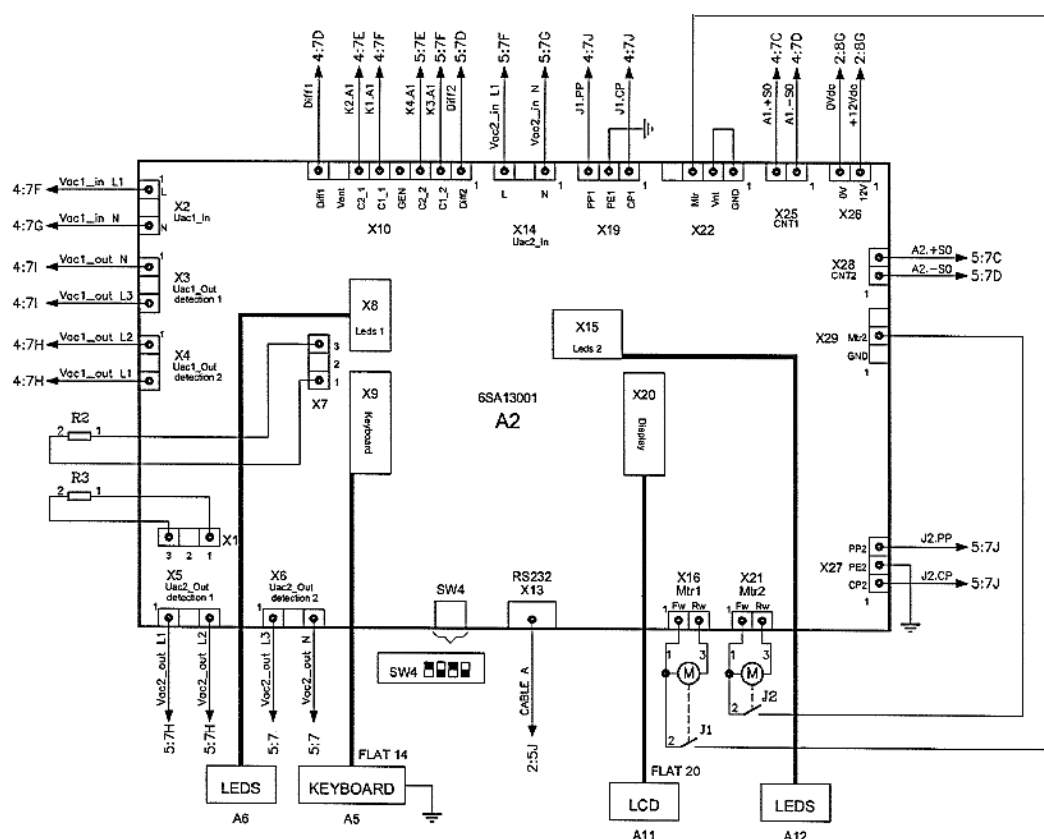


Figura 4.9 - Esquemático da carta de controlo do posto não modular. [20]

Os motores de encravamento evitam que, quando um veículo está a ser carregado, a ficha seja retirada do carro sem ordem prévia do utilizador através do ecrã de interface.

A carta de controlo recebe informações acerca de dispositivos de proteção (disjuntores e diferencial) e do contador de energia presente na régua. Para além disso, tem pontos específicos (por exemplo, Figura 4.9 X2, X3, X4, X5, X6) responsáveis pela deteção de tensão na entrada e saídas das régua do carregador cuja informação é transmitida ao microprocessador.

Há também pontos específicos na carta, Figura 4.9 X27, X19, que comunicam com a régua do carregador e onde estão os circuitos Control Pilot (CP) e Proximity Pilot (PP) que são responsáveis por permitir o carregamento.

- Control Pilot (CP)

Para os modos de carregamento 2, 3 e 4, referidos anteriormente no Capítulo 3, o circuito CP é obrigatório. Como o posto não modular se integra no modo de carregamento 3, o CP também é obrigatório, ver Figura 4.10.

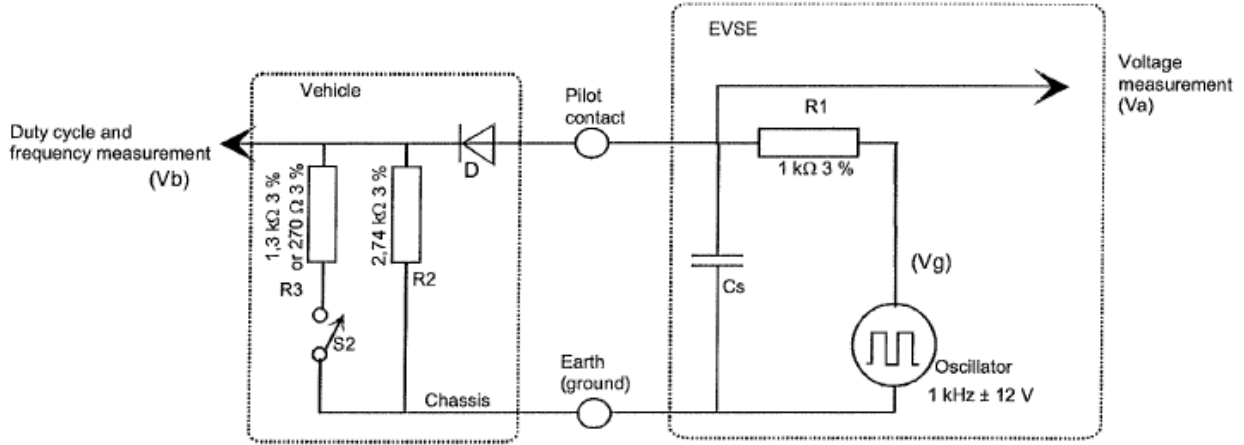


Figura 4.10 - Esquema elétrico típico do *Control Pilot* da norma IEC 61851-1, em que:  $V_a$  - Tensão medida no carregador;  $V_b$  - Duty cycle e medição da frequência;  $V_g$  - Tensão do sinal oscilador. [17]

Para calcular a corrente a que o veículo pode ser carregado, a norma IEC 61851-1 juntamente com a SAE J1772 definiram um circuito, o Control Pilot (CP), que executa esse cálculo através da modulação PWM (Pulse Width Modulation).

A largura de impulso é a quantidade de tempo que a onda permanece ativa, ver Figura 4.11  $T_{on}$ , e modular essa largura é fazer variar, aumentar ou diminuir, esse tempo. A percentagem de tempo que uma onda permanece ativa ao longo de um período designa-se por *Duty Cycle* (DC).

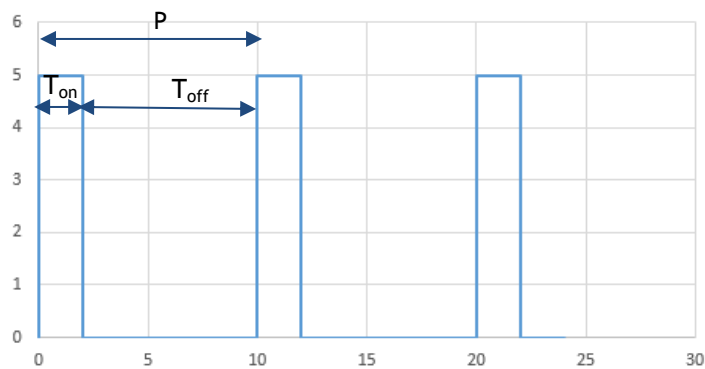


Figura 4.11 - Onda quadrada periódica com  $P=10$  segundos, com  $T_{on} = 2s$  e  $T_{off}=8s$ .

A onda da Figura 4.11, apresenta um período ( $P$ ) =  $T_{on} + T_{off} = 2$  segundos + 8 segundos = 10 segundos e um *Duty Cycle* de:

$$Duty\ Cycle\ (DC) = \frac{T_{on}}{P} = \frac{2\ segundos}{10\ segundos} = 0,2 \times 100 = 20\%$$



O que significa que a onda está ativa apenas 20% do período. Se se aumentar  $T_{on}$  para 5 segundos, então o *DC* da onda passa a ser 50% e assim sucessivamente.

O esclarecimento destes conceitos é importante pois a função Control Pilot aplica-os.

O *Control Pilot* é comum ao veículo, carregador e cabo de carga (Pilot Contact) como se verifica pela Figura 4.10.

O CP executa as seguintes funções:

- Verifica que o veículo está devidamente conectado:  
O carregador tem de ser capaz de determinar que o conector está completamente inserido na tomada de entrada do veículo e que o veículo elétrico está presente através da resistência  $R_3$ . O diodo, D, permite que o carregador diferencie o veículo elétrico de uma outra carga de baixa impedância que acidentalmente possa estar a interferir com o carregamento.
- Verifica se o carregador está pronto para fornecer energia:  
O CP do carregador é capaz de indicar ao veículo que está pronto para fornecer energia ligando o oscilador e fornecendo um sinal de onda quadrada com frequência 1KHz a  $\pm 12V$ .
- Verifica se o veículo está pronto a receber energia:  
O CP do veículo indica ao carregador que está pronto a receber energia fechando S2 quando a corrente vinda do oscilador é detetada. A qualquer momento, o veículo pode parar o carregamento abrindo S2.
- Determina a necessidade de ventilação interna:  
O carregador é capaz de detetar se a bateria do veículo liberta gases perigosos durante o carregamento através da resistência de  $R_3$  presente no veículo. Na prática são raros os produtores de veículos que utilizam esse tipo de baterias devido a questões de fiabilidade. Portanto, as baterias que libertam gases perigosos obrigam a que a resistência  $R_3$  seja de  $270\Omega$  e os que não utilizam esse tipo de baterias, obrigam a que a resistência  $R_3$  seja de  $1.3K\Omega$ , que é a mais utilizada.
- Determina a capacidade de corrente do carregador:  
O carregador fornece a capacidade máxima de corrente disponível ao veículo através da modulação da largura de impulso da onda quadrada do sinal oscilador. Para entender melhor esta ação é necessário ter em atenção o comportamento das baterias recarregáveis. Apesar de existirem diversos tipos de baterias

recarregáveis, todas elas tem um aspeto comum relativamente ao seu carregamento.

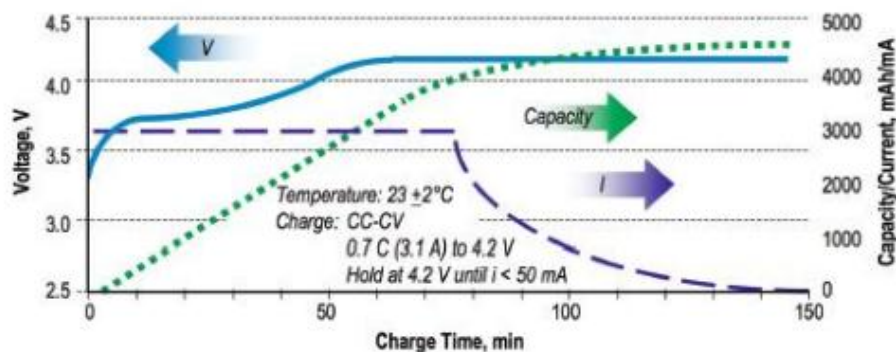


Figura 4.12 - Curva de carregamento, Tensão (V) e Corrente (mA), de uma bateria recarregável de lítio da Farnell. [21]

Ao longo do tempo, durante o carregamento, a corrente necessária para carregar uma bateria vai diminuindo de acordo com o traço interrompido na Figura 4.12. Inicialmente a bateria necessita de uma corrente praticamente constante e há medida que vai carregando, a corrente necessária para continuar a carregar é cada vez menor. O mesmo acontece com as baterias que estão no veículo elétrico, isto é, inicialmente necessitam de uma corrente mais elevada mas ao longo do tempo esta vai diminuindo. A forma como o carregador transmite as alterações de corrente é através do *DC* da onda quadrada. A norma estabeleceu uma relação entre a corrente necessária para carregar o veículo elétrico e o *DC* da onda quadrada que transmite essa informação.

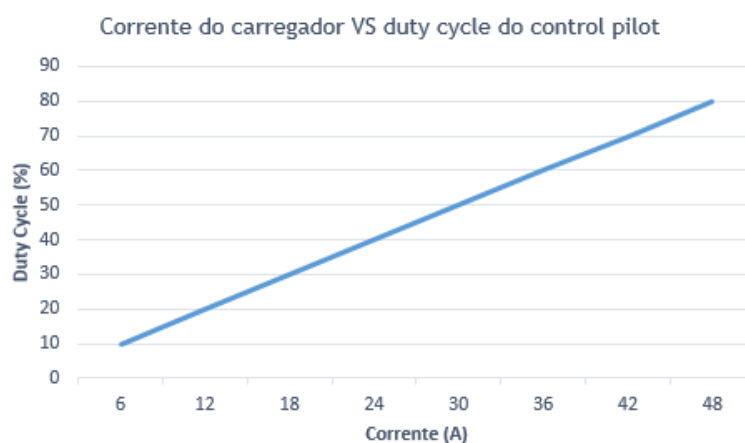


Figura 4.13 - Gráfico da corrente que o veículo necessita VS o DC do sinal através do qual o carregador comunica o valor da corrente.

A corrente necessária para carregar o veículo é diretamente proporcional ao *DC* da onda quadrada do oscilador. Esta relação pode ser expressa pela reta da Figura 4.13. A equação da reta é definida pela equação normal das retas tal como:

$$DC (\%) = m \times Corrente + b,$$

em que *m* é o declive da reta e *b* a ordenada na origem e desta forma:

$$DC(\%) = \frac{10}{6} \times Corrente + 0.$$

Assim, para determinar a corrente que o veículo deve enviar para o carregador:

$$Corrente = 0.6 \times DC$$

Por exemplo, para um *DC* = 20%:

$$Corrente = 0.6 \times 20 = 12A,$$

ou seja, neste caso, o veículo ajusta o consumo de corrente para um máximo de 12A.

O gráfico apresentado neste ponto e respetiva informação contemplam apenas *DCs* contidos no intervalo  $10\% < DC < 85\%$ . Para *DCs* superiores a 85% a equação da reta é diferente da apresentada. Para *DCs* superiores a 97% o carregamento não é permitido mesmo que a onda quadrada indique o contrário.

As funções descritas do CP permitiram definir estados (A, B, C, D, E e F) do sistema que permitem acompanhar o processo de carregamento. Estes estados são comportamentos do sistema que se traduzem em sinais de tensão do CP e que permitem entender se o carregamento está a ocorrer conforme esperado. Em caso de erro durante o carregamento, estes também estão previstos, pelo que também estão identificados através de estados (E e F).

Na Figura 4.14 estão representados todos os estados possíveis que o sistema, veículo e carregador, pode tomar.

O sinal de tensão que o carregador produz é uma onda quadrada gerada pelo sinal oscilador, Figura 4.10  $V_g$ , que permite a comunicação entre as diferentes partes do sistema: o veículo e o carregador através do cabo de conexão. Na Figura 4.14 não se teve em consideração  $T_{on}$  pois o que se pretende é explicar os estados do sistema demonstrando a sua importância.

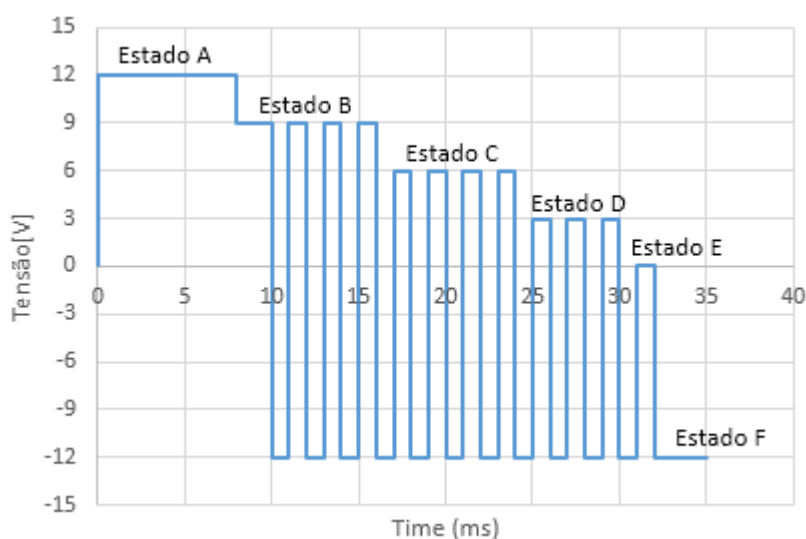


Figura 4.14 - Comportamento do CP e respectivos estados do sistema. [17]

A norma IEC 61851-1 definiu um total de 6 estados que acompanham a evolução do carregamento do veículo elétrico através do CP. De seguida segue-se uma explicação dos estados e respetiva explicação de um **ciclo de carregamento** normal. Entenda-se por “normal”, por exemplo, a não ocorrência de falhas na rede elétrica e a não ocorrência dos estados E e F.

O carregamento inicia-se com o estado A. O oscilador, Figura 4.10  $V_g$ , produz uma onda quadrada de frequência ( $f$ ) 1KHz a  $\pm 12V$ .

O estado A caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo desconetado;
- $S_2$  (ver Figura 4.10) aberto;
- Tensão no lado do carregador,  $V_a = 12V$ ;
- Tensão no veículo,  $V_b = 0V$ .

Quando o veículo é ligado ao carregador através do conetor, a resistência  $R_2$  provoca uma queda de tensão no sinal do CP para +9V. Quando o CP do carregador recebe essa informação, gera uma onda quadrada a partir do oscilador com  $f=1KHz$  que varia entre -12V e +9V.

O estado B caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo conetado;
- $S_2$  aberto;
- $V_a = 9V$  provocado por  $R_2$ .

Quando o veículo solicita a transferência de energia em CA, fecha  $S_2$ , colocando a resistência  $R_3$  no circuito. Se  $R_3$  é de valor igual a  $1300\Omega$  significa que a bateria não necessita de ventilação provocando uma queda de tensão no sinal do CP para +6V. O carregador interpreta esta informação como um pedido para transferir energia ligando a tensão de carregamento. O que

acontece neste ponto depende do estado de carga da bateria do veículo, que é um parâmetro rastreado pelo veículo.

O estado C caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo conectado;
- $S_2$  fechado;
- Veículo pronto;
- $V_a = 6V$ , resultante da medição da tensão  $R_{eq}$ .

Os veículos elétricos que possuem ventiladores permitem a utilização de baterias que emitem gases perigosos durante o carregamento. Estes ventiladores são acionados pelo carregador quando o valor da resistência  $R_3$  é de  $270\Omega$ . A detecção desta resistência provoca uma queda de tensão na onda quadrada para  $+3V$ .

O estado D caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo conectado;
- $S_2$  fechado;
- Veículo pronto;
- $V_a = 3V$ , resultante da medição da resistência  $R_3 = 270\Omega$ .

Depois da conexão estar corretamente estabelecida, o carregador fornece ao veículo a informação sobre a sua capacidade máxima de corrente através da modulação da largura de impulso. Como já referido, a relação entre a corrente que o carregador pode fornecer e o *Duty Cycle* é diretamente proporcional, isto é 10% de DC significam 6A e 80% de DC significam 48A.

Quando o veículo deteta que a bateria está totalmente carregada, abre  $S_2$ , voltando-se ao estado B. O sistema permanece neste estado até o conector ser removido do veículo. Quando o conector é removido, o sistema volta ao início pelo que se encontra novamente no estado A.

Os estados referidos de seguida, caracterizam os comportamentos anormais do sistema, isto é em caso de erros ou avaria no sistema.

O estado E caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo conectado;
- $S_2$  aberto;
- $V_a = 0V$  que significa a ocorrência de um erro: não há energia ou curto circuito do CP;
- $V_b = 0V$ .

O estado F caracteriza o seguinte comportamento do sistema:

- Veículo conectado;
- $S_2$  aberto;
- O carregamento não é possível, o carregador não está disponível ( $V_a = -12V$ ).

A explicação deste circuito CP é um exemplo que demonstra a importância que existe em garantir que a cablagem ligada à carta de controlo está totalmente operacional. O facto da carta estar ligada a dois blocos importantes, régua do carregador e circuito de interface, pode ser considerada um ponto intermédio de comunicação entre eles sendo essencial garantir que as ligações estão em perfeitas condições de funcionamento.

#### 4.2.4.3 - Réguas

O número de réguas do posto não modular é igual ao número de saídas, sendo que as primeiras são constituídas por um contador de energia, disjuntores, um diferencial e contadores, ou seja, a sua constituição integra praticamente componentes de proteção (disjuntores e diferencial). A Figura 4.15 apresenta uma das réguas que constitui o posto não modular.

O contador de energia, Figura 4.15 A9, é trifásico, porque se trata de um carregador trifásico, e contém um display que indica o consumo total de energia, a potência instantânea por fase ou no conjunto das fases e a tensão e a corrente por fase. Apresenta ainda dois sinais, SO+ e SO-, que são dois sinais de impulso para gestão remota da energia a partir dos quais é possível que os CEME, Comercializadores de Eletricidade para a Mobilidade Elétrica, realizem a cobrança da energia consumida.

Os disjuntores, Figura 4.15 Q2, Q3, são dispositivos eletromecânicos, neste caso, destinados a proteger o posto não modular contra sobrecargas elétricas e curto-circuitos. A sua função é detetar picos de corrente que caso ultrapassem a corrente máxima admissível estabelecida pelo dispositivo disparam, protegendo o posto não modular.

O diferencial, Figura 4.15 S2, é um dispositivo de proteção que permite desligar, neste caso, o posto não modular sempre que é detetada uma corrente de fuga superior ao valor nominal. A corrente de fuga é calculada através da soma algébrica dos valores instantâneos das correntes nas fases e comparada com valor da corrente que atravessa o neutro. Se houver uma diferença superior à tolerância do diferencial, este dispara protegendo o equipamento e as pessoas.

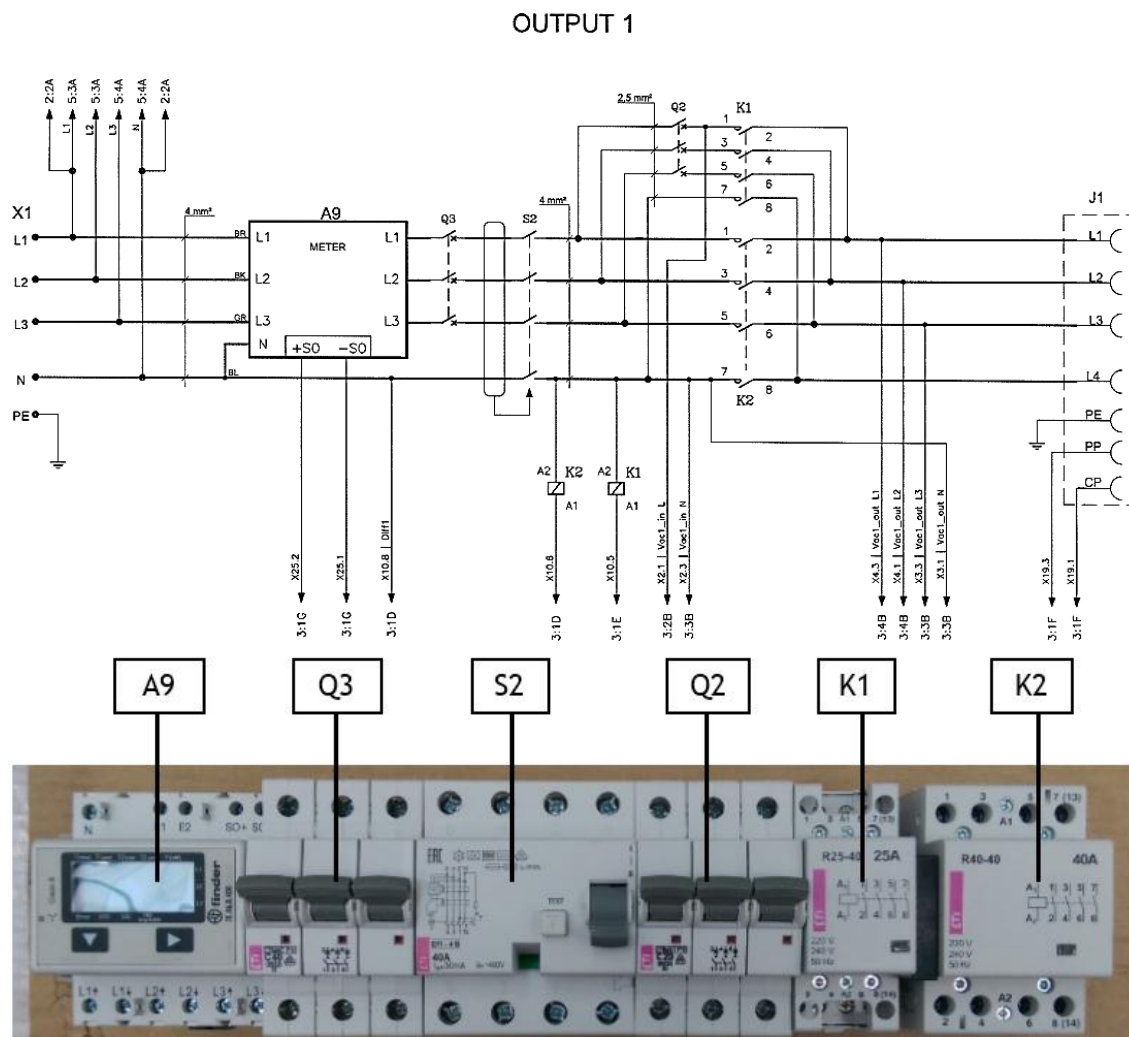


Figura 4.15 - Esquemático da régua do posto não modular.

Os contatores, Figura 4.15 K1, K2, são dispositivos eletromecânicos que permitem, neste caso específico, a partir da carta de controlo, seleccionar os circuitos de potência pretendidos.

A constituição do posto não modular (circuito de interface, carta de controlo, cablagem e régua) representa, no fundo, a identificação de todos os blocos/funcionalidades sujeitos a análise referidos nos objetivos. No próximo capítulo, apresentar-se-ão as razões pelas quais alguns blocos foram rejeitados e outros aceites para o desenvolvimento deste projeto.

### 4.3 - Modo de utilização

A interação entre o carregador e o utilizador dá-se através de um ecrã de interface com teclado ou tátil.

O display guia o utilizador para que este concretize o carregamento até que termine sessão. Para além disso, o posto não modular é composto por sinalizadores luminosos (LEDs) que

permitem acompanhar o estado do carregamento. As luzes situam-se acima da tomada de saída e têm o significado que a Figura 4.16 ilustra.



Figura 4.16 - Sinalização dos estados do carregador. [18]

Para que o utilizador consiga carregar o veículo elétrico é necessário que possua um cartão específico para o propósito, como referido anteriormente. Depois do carregador ler e identificar o cartão através do sistema RFID que possui, o utilizador pode iniciar o carregamento do veículo. Para além disso, é possível escolher a língua que se pretende para prosseguir o carregamento. O posto não modular, por norma, suporta línguas como o inglês, português e francês mas pode incluir outras por opção do cliente. O fluxograma da Figura 4.17 demonstra as possíveis sequências que o utilizador pode seguir.

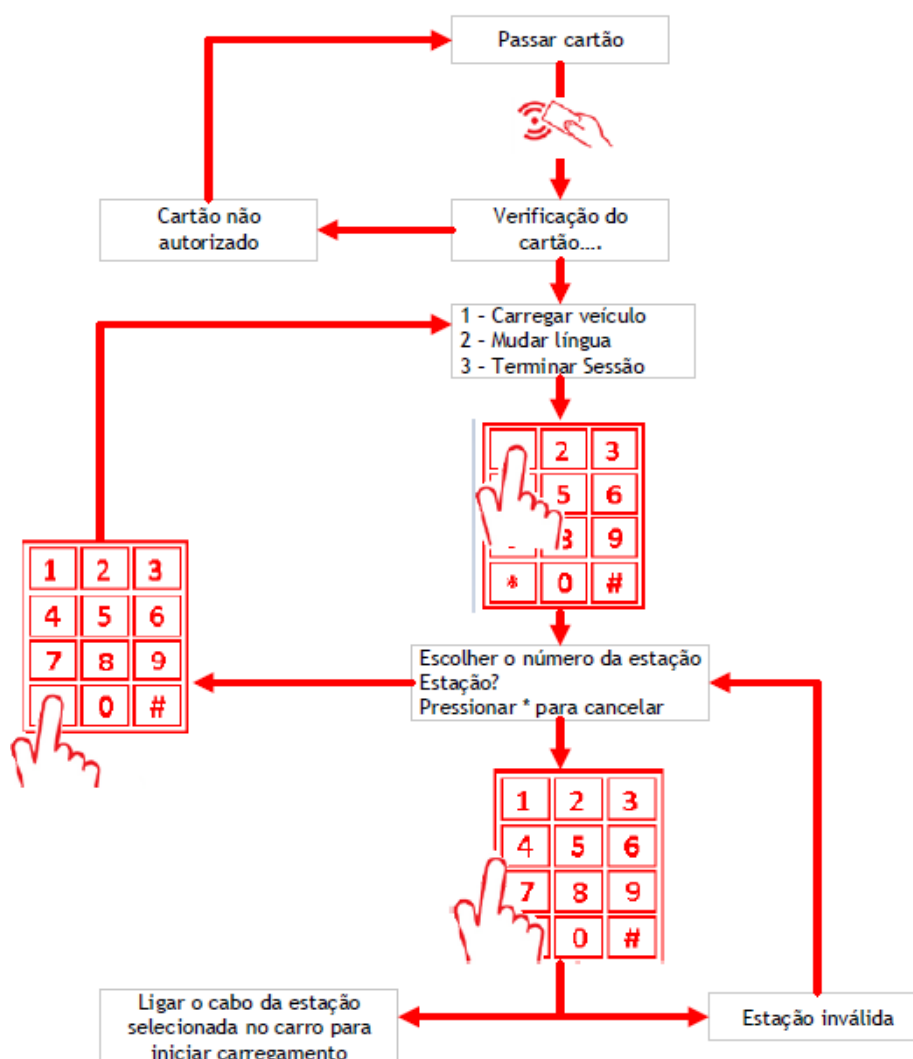


Figura 4.17 - Interfaces de carregamento do posto não modular. [18]



O utilizador pode também acompanhar a duração do carregamento bem como a quantidade de energia a que o veículo elétrico está a ser alimentado em kWh.

#### 4.4 - Manutenção preventiva

O objetivo da ação de manutenção preventiva é acompanhar o ciclo de vida do posto não modular para que sejam evitados danos no equipamento. Desta forma, o cliente não terá custos adicionais de reparação do equipamento se se colocar em prática esta ação.

O posto não modular deve ser inspecionado regularmente para que seja assegurado que o seu tempo de vida e fiabilidade são maximizados. A *Efacec Electric Mobility* recomenda que se cumpram as seguintes verificações indicadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Ações de manutenção preventiva. [18]

Operação	Periodicidade	Tempo estimado (minutos)
Inspeção visual do equipamento incluindo a cablagem de entrada em CA	A cada 6 meses	10
Verificar o valor da proteção à terra	A cada 6 meses	5
Testar o diferencial pressionando o botão de teste do diferencial	A cada 6 meses	

Além do referido, a bateria que o carregador possui deve ser verificada a cada 12 meses.

#### 4.5 - Conclusão

A Efacec Electric Mobility produz soluções à medida do cliente e por isso apresenta grande variabilidade de produtos dentro dos três grandes tipos enumerados anteriormente (carregadores rápidos, carregadores públicos e os carregadores domésticos). Neste sentido, a empresa considerou vantajoso iniciar a automatização dos ensaios nos equipamentos de complexidade intermédia - os carregadores públicos mais especificamente o **posto não modular**. Não se justificaria iniciar a automatização dos ensaios nos carregadores domésticos que apresentam uma arquitetura simples e que são testados rapidamente (cerca de 1 hora ou menos).

Através deste capítulo foi possível explorar o posto não modular, o seu funcionamento em rede, constituição e modo de utilização. Para além disso, foi possível perceber algumas

diferenças entre os carregadores que a Efacec Electric Mobility produz dando a conhecer o propósito desta dissertação.

A partir deste capítulo e do Capítulo 3, os objetivos satisfeitos são:

- Estudo do equipamento;
- Identificação de blocos/funcionalidades no esquema elétrico do equipamento:
  - Circuito de interface;
  - Carta de controlo;
  - Cablagem;
  - Réguas.

No próximo capítulo iniciar-se-á a análise resultante da visualização dos ensaios do posto não modular.

# Capítulo 5

## Análise dos ensaios realizados ao posto não modular

### 5.1 - Introdução

A entrega dos carregadores aos clientes pressupõe a realização prévia de testes/ensaios para verificação do funcionamento destes equipamentos, de acordo com a norma IEC 61851-22. [23]

Este capítulo contempla a identificação e esclarecimento acerca dos ensaios realizados ao posto não modular bem como respetiva análise.

Ao longo deste capítulo será tratado e discutido o seguinte objetivo:

- Análise da viabilidade para desenvolvimento de um teste automático para cada um dos blocos;

A discussão deste objetivo foi possível através da visualização de alguns ensaios realizados ao posto não modular e do estudo do esquema elétrico do mesmo, já realizado no capítulo anterior.

### 5.2 - Ensaio realizado ao posto não modular

Para um conhecimento aprofundado acerca dos ensaios e verificações realizadas ao posto não modular, seguem-se enumeradas as diferentes etapas e posteriormente uma explicação acerca de cada ponto:

1. Verificação de cablagens e componentes: (secção 5.2.1)
  - a. Cablagens;
  - b. Referências dos componentes;
  - c. Etiqueta de características;
  - d. Dossier do equipamento.

2. Ensaio de isolamento: (secção 5.2.2)
  - a. Resistência de isolamento;
  - b. Rigidez dielétrica.
3. Verificações gerais: (secção 5.2.3)
  - a. Disjuntores/Diferencial.
4. Ensaio de funcionamento (secção 5.2.4);
5. Registos de precisão de medidas (secção 5.2.5);
  - a. Grandezas de entrada
    - i. Tensão de entrada;
    - ii. Corrente de entrada.
  - b. Grandezas de saída
    - i. Tensão de saída;
    - ii. Corrente de saída.

### 5.2.1 - Verificação de cablagens e componentes

Neste ponto do procedimento, não é necessário recorrer a qualquer tipo de equipamento, isto é, o técnico responsável pelo ensaio confirma a referência dos componentes, a etiqueta de características e o *dossier* do equipamento visualmente. Relativamente à verificação das cablagens, esta é realizada também visualmente, cabo a cabo, percorrendo-se o caminho que o cabo faz desde a sua origem até ao seu destino confirmando que a cablagem está ligada corretamente.

#### 5.2.1.1 - Análise da verificação das cablagens e componentes

A verificação visual realizada, quer na cablagem quer nos componentes, é um ponto muito importante do procedimento. Contudo esta verificação isoladamente não garante que componentes e cablagem estejam em perfeitas condições de funcionamento nem existe, neste procedimento, um ponto específico que teste previamente, por exemplo, a cablagem.

O posto não modular é submetido aos ensaios totalmente montado e sem qualquer tipo de teste/verificação durante a sua montagem. Este equipamento é constituído, aproximadamente, por 100 cabos que são montados a partir de uma listagem **não existindo uma organização prévia desses cabos.**

Para além disso, caso algum cabo danificado, ou com uma cravação mal feita, seja introduzido no carregador **será difícil a sua identificação.** Como solução teria de ser verificada toda a cablagem com um multímetro até o defeito ser detetado. Por outro lado, uma inserção mal executada pode, quer interromper o circuito quer danificar outros componentes caso se dê

um curto-circuito. Desta forma, pode ser necessária a substituição dos componentes danificados prolongando-se o tempo de ensaio.

Todas estas possibilidades referidas são inconvenientes que devem ser evitados porque podem prolongar o tempo de ensaio e aumentar o custo de produção contribuindo para atrasos no prazo de entrega.

Pode-se assumir que seria vantajoso construir uma estratégia para solucionar os pontos abordados.

### 5.2.2 - Ensaio de isolamento

Os ensaios de isolamento, realizados na Efacec Electric Mobility, incluem o teste de rigidez dielétrica e o teste de resistência de isolamento.

A rigidez dielétrica pode ser definida como a máxima tensão aplicável para provocar uma rutura elétrica de um material isolador. Quanto maior for a rigidez dielétrica de um material melhor é a qualidade do mesmo como isolador. Esta grandeza pode ser medida em volts/unidade de espessura.

A resistência de isolamento pode ser definida como a resistência que o material oferece relativamente à fuga de corrente através do material isolante. Um elevado valor de resistência de isolamento significa que há pouca fuga de corrente através do isolador. Esta grandeza é medida em  $\Omega$ .

Na Efacec, o teste de rigidez dielétrica é realizado com o auxílio de um aparelho específico da *Sefelec*. Este aparelho é responsável por aplicar uma tensão de valor igual a 1460V CA durante 60 segundos entre um circuito previamente curto-circuitado (no posto não modular) e a massa. O objetivo é medir o valor da resistência de isolamento após o ensaio de rigidez comparando-o com o valor da resistência pré ensaio. O teste de resistência de isolamento utiliza o mesmo aparelho e o mesmo circuito para teste mas, neste caso, é aplicada uma tensão de 500V CC durante 60 segundos.

#### 5.2.2.1 - Análise dos ensaios de isolamento

Os ensaios de isolamento reproduzidos pela *Efacec Electric Mobility* requerem configurações iguais que permitem testar o isolamento de vários pontos simultaneamente. A configuração utilizada em ambos ensaios traduz-se numa vantagem pois apenas requer o uso da aparelhagem específica de cada ensaio.

### 5.2.3 - Verificações gerais

Neste ponto do procedimento é verificado o funcionamento dos sistemas de proteção como disjuntores e diferencial.

No que diz respeito ao teste dos disjuntores, o mesmo é realizado manualmente abrindo-se e fechando-se o dispositivo, esperando que abra e que feche o circuito respetivamente.

Relativamente ao teste dos diferenciais, são realizados dois testes:

- Teste ao botão do diferencial
- Teste ao diferencial.

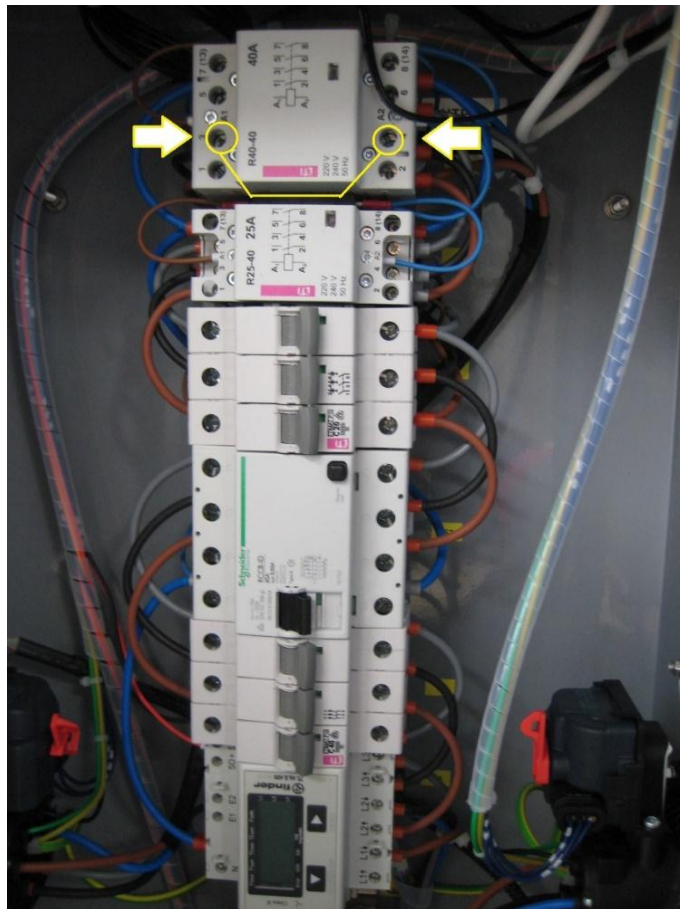


Figura 5.1 - Pormenor de ligação de tensão de teste no posto não modular.

O teste ao botão do diferencial é realizado carregando no botão e verificando que este faz disparar o diferencial. De seguida, para realizar o teste ao diferencial é necessário rearmar o diferencial e ligar um condutor isolado da entrada para a saída de uma das fases dos contactores, como ilustrado na Figura 5.1, provocando um desequilíbrio entre fases pelo que o diferencial deve disparar.

### 5.2.3.1 - Análise das verificações gerais

As verificações aos disjuntores e diferenciais são realizadas, assim como as verificações da cablagem e componentes, pós montagem do carregador. Este método pode revelar-se desvantajoso, por exemplo, se a régua do carregador estiver com um dos componentes danificados será necessário removê-lo novamente do carregador e substituí-lo.

Para prevenir eventuais danos que possam ser causados pela não atuação de um disjuntor ou de um diferencial seria vantajoso testá-los previamente à sua montagem no posto não modular.

### 5.2.4 - Ensaio de funcionamento

Como já foi referido no capítulo anterior, dependendo do projeto, o posto não modular pode estar ligado em rede, onde existe um posto central e vários satélites. Nesses casos é necessário que cada um dos satélites tenha associado um *Charger Number* (ID) único e diferente de todos os outros presentes na mesma rede (central e satélites). Assim, torna-se necessária a configuração adequada do ID de cada um dos postos através de um software criado pela Efacec Electric Mobility que permite configurar uma rede de carregadores, como indicado nos exemplos das tabelas seguintes.

Tabela 5.1 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas.

Configuração Central	ID saída 1	ID saída 2
0	1	2

Tabela 5.2 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas e módulos satélite com duas saídas.

Configuração Central	ID saída 1	ID saída 2
0	1	2
Configuração Satélite	ID saída 1 Satélite	ID saída 2 Satélite
1	3	4

Tabela 5.3 - Exemplo de configuração de um posto central com duas saídas e dois módulos satélite com duas saídas cada um.

Configuração Central	ID saída 1	ID saída 2
0	1	2
Configuração Satélite 1	ID saída 1 Satélite 1	ID saída 2 Satélite 1
1	3	4
Configuração Satélite 2	ID saída 1 Satélite 2	ID saída 2 Satélite 2
2	5	6

É nesta etapa, ensaios de funcionamento, que os carregadores que irão pertencer a uma rede são configurados e as cartas de controlo dos postos centrais são programadas para esse efeito. Para programar essas cartas existe também um *software* criado pela *Efacec Electric Mobility* que permite realizar algumas configurações, como por exemplo, selecionar o número de fases que o carregador possuirá bem como correntes máximas em determinada saída. Por defeito, a carta de controlo é sempre configurada para carregar em sistema monofásico e a uma corrente máxima de 16A. Caso se trate de um carregador trifásico ou a corrente máxima da saída seja diferente de 16A procede-se à sua reconfiguração.

A fase seguinte deste ensaio é realizada com recurso a um aparelho que simula um carro, designado por EV tester, para que o posto não modular possa ser testado como se estivesse efetivamente a realizar um carregamento. Com o EV tester ligado ao carregador é possível testar se os LEDs responsáveis pela sinalização luminosa falham ou estão avariados e se os motores responsáveis pelos encravamentos das fichas funcionam. A Tabela 5.4 revela detalhadamente todas as verificações que têm de ser obrigatoriamente realizadas.



Tabela 5.4 - Lista dos ensaios de funcionamento utilizada pela *Efacec Electric Mobility*.

Índice	Procedimento	Verificado
1	Configurar corretamente o número do módulo satélite relativamente à sua posição.	
2	Energizar o equipamento e aguardar aproximadamente 2 minutos.	
3	Verificar se os <i>LEDs</i> dos módulos satélite estão verdes.	
4	Visualizar a mensagem “Passe cartão” -> Passar cartão válido.	
5	Selecionar a tomada 1 e verificar se o LED passa para azul intermitente.	
6	Ligar o <i>EV tester</i> na tomada 1 e verificar se o LED passa a azul.	
6.1	Caso tomada com <i>socket</i> Tipo 2 -> Aplicável?	
	Verificar se o cabo está encravado.	
	Verificar se as lâmpadas R, S e/ou T do <i>EV tester</i> estão ligadas.	
	Desligar a alimentação do posto. Verificar se o cabo continua encravado e se os <i>LEDs</i> ficaram vermelhos.	
	Ligar a alimentação do posto.	
	Verificar se o posto retoma o carregamento do EV e verificar se o LED passa a azul.	
	Simular a transição do estado C para o estado B e verificar se o LED da tomada em uso passa para azul intermitente.	
	Simular a transição do estado B para o estado C e verificar se o LED da tomada em uso passa para azul.	
	Simular um erro ( <i>EV tester</i> : Falha de PE).	
	Verificar se o LED da tomada fica vermelho.	
	Verificar se o cabo continua encravado e que não está energizado.	
	Para remover o cabo é necessário passar o cartão e terminar a sessão de carga.	
	Remove o cabo de comunicações do módulo satélite em utilização e verificar se o LED passa a vermelho e o cabo está solto.	
6.2	Caso tomada com <i>socket</i> CE7 -> Aplicável?	
	Verificar a tensão de saída.	
	Desligar a alimentação do posto e verificar se o LED da tomada fica vermelho.	
	Ligar a alimentação do posto e verificar se o carregamento é retomado.	
	Verificar se LED passa a azul.	
	Retirar a <i>socket</i> CE7 da tomada e verificar se o LED passa a verde e se a sessão termina.	
7	Repetir o procedimento para todos os módulos satélite.	

Os estados B e C mencionados na Tabela 5.4 foram definidos pela norma IEC 61851-1 e representam os comportamentos que o veículo elétrico em conjunto com o carregador pode tomar, como já referido no capítulo anterior.

Relativamente ao comportamento dos sinalizadores luminosos (azul, azul intermitente, verde, vermelho), estes acompanham os estados do A, B, C/D, E/F e o seu significado está explicito na Figura 4.16 deste documento.

#### 5.2.4.1 - Análise dos ensaios de funcionamento

Os ensaios realizados ao posto não modular neste ponto, requerem não só configurações específicas mas também tentam avaliar se todos os comportamentos possíveis que o posto não modular pode adotar foram verificados e ocorrem como previsto. Desta forma, não existem alterações que possam ser sugeridas uma vez que é um ponto bastante completo do procedimento.

#### 5.2.5 - Registos de precisão de medidas

As grandezas de entrada e as grandezas de saída do posto não modular são medidas através do mesmo equipamento. A tensão de saída e a tensão de entrada são medidas com um voltímetro e a corrente de entrada e a corrente de saída são medidas com uma pinça amperimétrica que envolve as fases. Para que esta medição seja possível é necessário que o posto não modular esteja ligado ao *EV tester*.

##### 5.2.5.1 - Análise do registo de precisão de medidas

O registo de precisão de medidas é um processo simples que não consome muito tempo nem representa risco para o equipamento pois é apenas uma verificação das tensões e correntes que se espera obter à entrada e à saída do carregador. Assim, não existe a necessidade de processos de melhoria.

### 5.3 - Análise geral dos ensaios realizados ao posto não modular

A partir deste capítulo compreendeu-se que os ensaios realizados ao posto não modular são muito distintos de ponto para ponto. Por exemplo, os ensaios de isolamento requerem configurações e aparelhagens específicas, diferentes de todos os outros pontos. As verificações gerais, por outro lado, exigem uma configuração diferente dos ensaios de isolamento e assim sucessivamente.

Devido à variabilidade das configurações usadas para realizar os ensaios, decidiu-se juntamente com a *Efacec Electric Mobility* que um dos objetivos seria analisar a viabilidade para desenvolvimento de um teste automático para cada um dos blocos. Tal como já foi referido os blocos/funcionalidades principais são:

- Carta de controlo;
- Circuito de interface;
- Régua;
- Cablagem.

### 5.3.1 - Carta de controlo e circuito de interface

A carta de controlo é previamente testada pelo departamento de produção da Efacec e o circuito de interface não constitui um problema porque não reproduz falhas com frequência.

A partir das análises dos respetivos pontos de ensaio percebeu-se que os componentes que não padecem de uma verificação prévia à montagem do carregador são os principais responsáveis por interrupções nos ensaios. Para além disso, são os componentes responsáveis pela ligação entre os diferentes componentes (cablagem) e pela proteção do equipamento e dos utilizadores (régua) que são mais suscetíveis a problemas, pelo que seria importante dedicar um tempo para ensaiar esses componentes durante a montagem do carregador. Por isso, os blocos alvo que irão ser testados pelo sistema de teste são a cablagem e a régua.

### 5.3.2 - Cablagem

Como já foi referido, o facto da cablagem ser verificada visualmente e ponto a ponto (ver ponto 4.2.1), não implica que esteja em plena condição de utilização. A cablagem sofre processos manuais, como a cravação que pode influenciar, por exemplo, a continuidade do cabo ou o contacto com o componente a que liga. A utilização do multímetro para identificar o problema também não seria a solução mais eficaz principalmente quando o posto não modular está pronto. Não existindo a certeza de que a cablagem está totalmente operacional, quando o carregador não funciona como esperado não se sabe se o problema reside na própria cablagem ou no defeito de algum componente.

Além disso, a eletrificação do carregador é um processo realizado a partir de uma lista de pontos com origens e destinos que identificam o caminho dos cabos. Esta metodologia não padece nem de uma organização nem de ensaios previamente à montagem no carregador.

### 5.3.3 - Régua

Como referido anteriormente, o carregador é constituído por duas régua, que são os dispositivos responsáveis pelas saídas que permitem o carregamento dos carros elétricos. A Figura 5.2 mostra o esquema do componente que será alvo de teste.

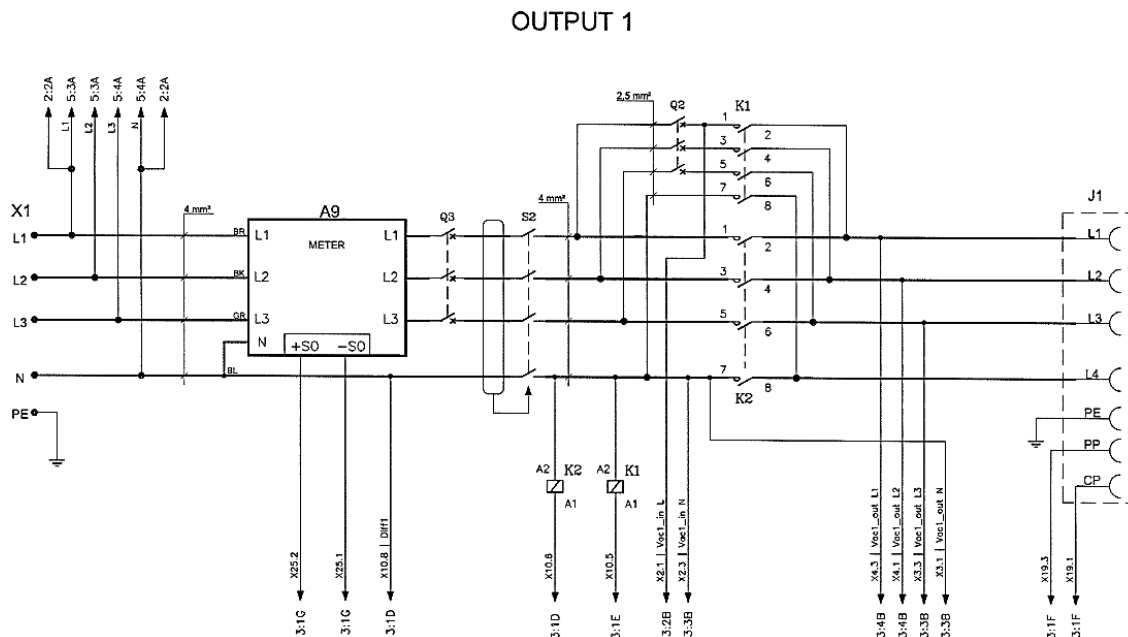


Figura 5.2 - Esquemático original da régua do posto não modular [20].

A constituição da régua foi já anteriormente apresentada, no entanto, em contexto de análise importa o seguinte pormenor. Este componente apresenta na sua constituição contadores (Figura 4.15 K1 e K2), disjuntores (Figura 4.15 Q2 e Q3) e diferencial (Figura 4.15 S2). Os contadores são acionados pelas bobinas (A1.K1 e A2.K2 ligadas à carta de controlo), responsáveis pela circulação de correntes de 25 ou 40A, e formando dois circuitos independentes pois a mesma saída pode fornecer correntes diferentes. É de extrema importância que estes componentes estejam com os contactos operacionais.

A régua sofre também um processo de eletrificação, com cabos cujas dimensões são reduzidas, aproximadamente de 10 a 20cm. Estes cabos podem sofrer os mesmos problemas já referidos para a cablagem e, para além disso, as reduzidas dimensões dificultam o processo de montagem. Desta forma, a identificação de eventuais problemas, por exemplo, trocas de fases devido ao reduzido espaço entre as ligações dos componentes torna-se mais difícil. Existindo situações deste tipo é de extrema importância confirmar a performance dos dispositivos de proteção que têm de estar em perfeitas condições de utilização para garantir segurança.

## 5.4 - Conclusão

A **diversidade dos ensaios e respetivas configurações** anteriormente referidas, não permitem a construção de um sistema de teste que englobe todos os blocos do posto não modular.

Para além disso, o conhecimento do processo de montagem e o acompanhamento dos ensaios permitiu identificar a existência de um ponto de congestionamento.

O processo de montagem pode ser sucintamente descrito pelas seguintes etapas:

1. Montagem de suportes de componentes no armário do carregador;
2. Introdução de componentes eletrificados (Réguas) e outros (Modem, Router);
3. Montagem da cablagem que liga os diferentes componentes;

O ponto de congestionamento é provocado pela falta de controlo nas diferentes etapas enunciadas do processo de montagem culminando num congestionamento nos ensaios porque:

- Erros na montagem do posto não modular prolongam o tempo de ensaio;
- Põem em risco a integridade do equipamento devido à introdução de componentes danificados que em caso de defeito podem não atuar (disjuntores, diferencial e contadores), levando à substituição de componentes o que aumenta o custo do produto e prolonga o tempo de ensaio;

Assim, a partir da análise realizada neste capítulo propõe-se uma alteração da metodologia utilizada na linha de montagem dos carregadores e propõe-se a área de atuação do sistema - processo de montagem. Através de um **sistema de teste à cablagem e régua** será possível realizar a alteração da metodologia de controlo utilizada pela *Efacec*.

A abordagem que a *Efacec Electric Mobility* utiliza na montagem e ensaios do carregador pressupõe um controlo por produto em vez de controlo por processo. O controlo por processo é sempre preferível porque permite acompanhar a evolução de qualquer tipo de produto corrigindo erros no *timing* apropriado para além de outras vantagens discutidas mais à frente.

As operações de controlo sugeridas sobre a régua e a cablagem acontecerão ao longo do processo de montagem e serão realizadas pelo sistema de teste projetado. Assim, a **automatização e otimização dos ensaios não será diretamente aplicada aos processos de teste** mas antes aplicada ao processo de montagem na tentativa de facilitar a etapa ensaios/testes realizados ao carregador. O sistema de teste permitirá controlar as etapas do processo de montagem número 2 e 3 referidas anteriormente.

O tipo de abordagem que se pretende implementar designa-se por controlo de processo e é de extrema importância requerendo algum esclarecimento.

A qualidade está associada à conformidade com as especificações, portanto garantir a qualidade é garantir que os produtos entregues aos clientes não contém defeitos, uma vez que

um defeito não é mais do que uma não-conformidade com as especificações. Embora garantir a ausência de defeitos pareça trivial, na realidade não é assim por dois motivos:

- Os custos totais provocados pelos defeitos são, normalmente, muito elevados;
- É difícil eliminar os defeitos.

Assim, a preocupação das empresas nos dias de hoje acarreta uma questão fundamental: “Como podem as organizações garantir que os produtos e serviços que entregam aos seus clientes não contém defeitos ou erros?”. Existem dois tipos de abordagens que respondem a esta questão: a abordagem tradicional e a abordagem atual. A abordagem tradicional, para garantir a qualidade, defendia um controlo do produto final como mostra a Figura 5.3.

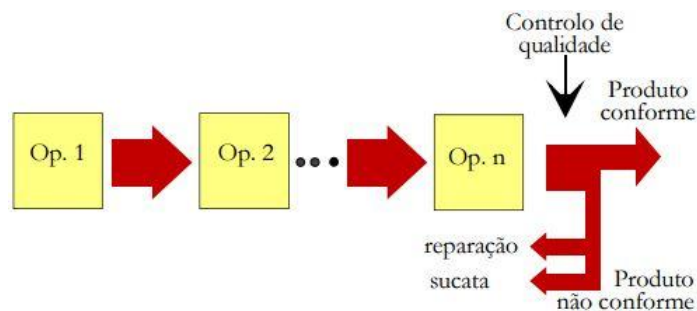


Figura 5.3 - Abordagem tradicional: Controlo do produto final. [24]

Esta forma de garantir a qualidade apresenta graves limitações pois é muito dispendiosa, isto é, implica **custos de inspeção** e de **retrabalho**; é muito demorada pois introduz atrasos incompatíveis com os prazos de entrega curtos; e para além disso quando o defeito é detetado, possivelmente, já foram produzidos muitos produtos com o mesmo defeito. Por isso se a garantia de qualidade for baseada no controlo do produto final, os três fatores de competitividade apresentados na Figura 5.4 e referidos anteriormente tornam-se antagónicos porque melhorar um implica prejudicar os outros.

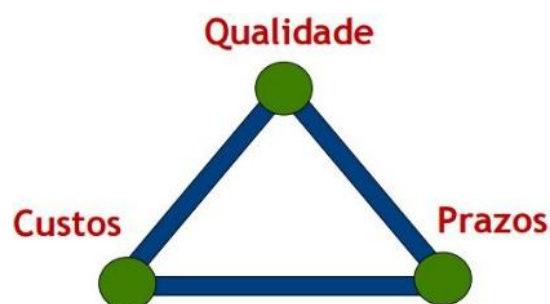


Figura 5.4 - A competitividade depende de três fatores fundamentais: qualidade, custos e prazos. [24]

Por exemplo, melhorar a qualidade implica reforçar as operações de controlo, logo aumentar os custos e os prazos de entrega. Em suma, dadas as limitações do controlo da qualidade dos produtos à saída, conclui-se que a garantia de qualidade não deve ser baseada

na deteção e na correção dos erros ou defeitos *a posteriori*. Em vez disso é preferível o controlo dos processos, como mostra a Figura 5.5.

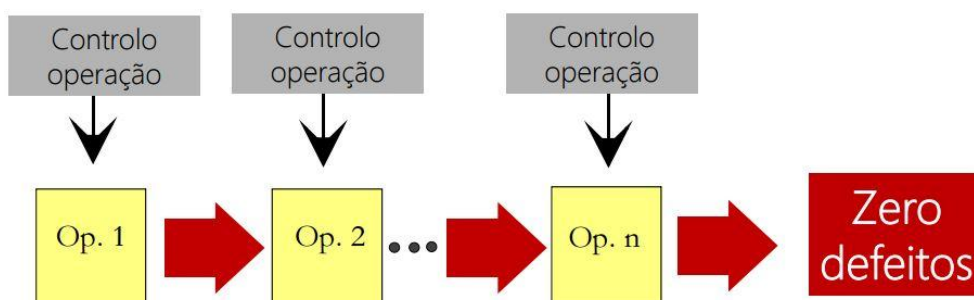


Figura 5.5 - Controlo dos processos. [24]

Para que este tipo de controlo seja bem-sucedido é necessário que todas as operações de um processo sejam bem planeadas, que os procedimentos de trabalho estejam documentados e disponíveis, que todos respeitem o planeamento e que os defeitos detetados sejam de imediato corrigidos. Desta forma, o controlo dos processos permite a prevenção dos defeitos, em detrimento da sua correção *a posteriori*.

Através deste capítulo, compreendeu-se que a automatização e otimização dos ensaios poderá alterar a abordagem utilizada pela empresa contribuindo para a melhoria contínua dos processos que a empresa utiliza. Concluiu-se ainda que o **sistema automático** focar-se-á na **cablagem** e na **régua** do carregador pelas razões anteriormente apresentadas.

Através deste capítulo cumpriu-se o seguinte objetivo:

- Análise da viabilidade para desenvolver um teste automático para cada um dos blocos.

No próximo capítulo, seguir-se-á a descrição de uma *template* de relatórios realizada em VBA-excel cujo objetivo seria otimizar o processo de ensaio, tornando o preenchimento da folha de relatório automático em alguns campos. Este ponto também permite intervir ao nível da abordagem que se pretende passar a utilizar, controlo dos processos, nomeadamente na parte dos procedimentos bem documentados e disponíveis.





# Capítulo 6

## *Template* de relatórios: VBA-Excel

### 6.1 - Introdução

A melhoria contínua deve constituir um objetivo permanente das organizações porque não basta fazer bem, é preciso procurar sempre fazer melhor. Tendo presente esta ideia, a otimização dos processos, parte do título desta dissertação, pode ser considerada uma forma de melhoria contínua.

A abordagem do controlo dos processos, como referido anteriormente, pressupõe que os processos de trabalho estejam documentados e disponíveis. O acompanhamento dos ensaios ao posto não modular permitiu encontrar mais um ponto onde é possível melhorar a este nível.

Neste capítulo será apresentada a estrutura da *template* realizada em VBA-Excel e a razão pela qual surgiu esta necessidade.

### 6.2 - Identificação do problema

Uma vez que os ensaios ao posto não modular englobam diversas ferramentas de suporte nomeadamente, procedimentos, folhas de registo e esquemas elétricos, desenvolveu-se uma ferramenta que reúne todos os documentos de suporte aos ensaios numa só solução digital.

Esta solução em formato digital evidencia diversas vantagens:

- Permite enviar o documento para a base de dados da Efacec;
- Previne o extravio dos documentos;
- O documento final a entregar ao cliente não apresentaria rasuras;
- Pode ser enviado diretamente ao cliente;
- Pode ser visualizado e controlado pelos diferentes intervenientes dos ensaios;

## 6.3 - Solução

O que se propõe é o preenchimento semiautomático dos boletins de ensaios através da criação de uma *template* de relatórios com interface gráfica tendo como suporte uma base de dados onde estão presentes as características gerais dos carregadores.

Esta *template* foi criada com o objetivo de otimizar os ensaios realizados e automaticamente produzir um relatório, em Excel, acerca dos ensaios efetuados sem a necessidade de recorrer a papel. Assim, o processo de ensaios será executado de uma forma mais organizada reduzindo os gastos em papel e permitindo que os relatórios finais de cada carregador sejam definitivos em suporte informático. Como vantagem adicional ao referido é ainda possível alterar a qualquer altura um relatório se assim desejado. A implementação desta ferramenta foi realizada em VBA-Excel.

Para iniciar o preenchimento de um relatório o utilizador tem de selecionar o botão “Preencher Relatório” e o menu inicial presente na Figura 6.1 será mostrado.

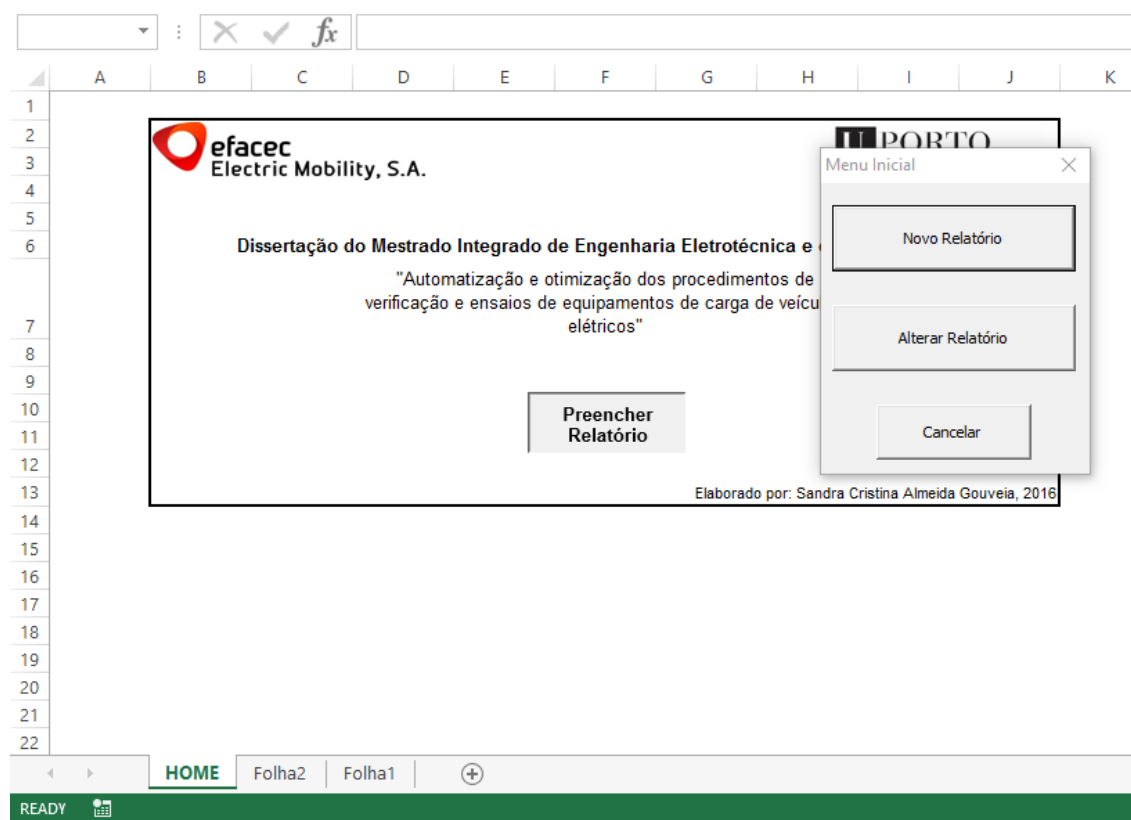


Figura 6.1 - Capa da *template* do boletim de ensaios em VBA - Excel, com o botão “Preencher Relatório” já acionado demonstrando o “Menu Inicial”.

A partir daí o utilizador tem 3 opções:

- Pode criar um novo relatório,
- Alterar um relatório já existente,
- Cancelar voltando ao ecrã inicial.

Todas as opções referidas foram criadas através de funções.

A opção “Novo Relatório” permite o preenchimento de um novo relatório com todos os campos livres/limpos de acordo com a Figura 6.2.

Boletim individual de ensaios

**efacec**  
Electric Mobility, S.A.  
Departamento de Assistência a Clientes

**BOLETIM INDIVIDUAL DE ENSAIOS**  
ENSAIOS SÉRIE

1 - IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Tipo de equipamento:

Número de série: EV-CP CE GCBK 3F32ST2 3F32ST2

Cliente: Equipamento 1  
Equipamento 2  
Equipamento 3

Local de funcionamento:

Nº desenhos:

P.I.E. aplicável:

Nº de projeto:

2 - DOCUMENTOS DE VERIFICAÇÃO APLICÁVEIS

Esquema elétrico:

Implementação mecânica:

3 - VERIFICAÇÃO DE CABLAGENS E COMPONENTES

Figura 6.2 - Template do relatório a preencher. Em evidência a *Combobox* do tipo de equipamento selecionada mostrando o conteúdo da base de dados.

As *Combobox* evidentes na Figura 6.2, quando selecionadas, apresentam os dados inseridos na base de dados.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Template\_Relatorio - Excel'. The spreadsheet contains a table with the following data:

	Tipo de equipamento	Cliente	Local de funcionamento	Características de entrada da rede principal		Características de saída c.a.		
				Tensão/freq	Corrente	Tensão/freq	Corrente nominal	Número de sér
1								
2								
3								
4								
5	EV-CP CE GCBK 3F32ST2 3F32ST2	Yimikang	China	3x400 V / 50Hz	65A	3x400 V / 50Hz	32 A + 32 A	SERIE1
6	Equipamento 1	Cliente 2	EUA					SERIE2
7	Equipamento 2	Cliente 3	Portugal					SERIE3
8	Equipamento 3	cliente 4	Brasil					
9			Arábia					
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

**Figura 6.3 - Base de dados onde se pretende que estejam todos os tipos de equipamento e respetivas caraterísticas.**

Esta base de dados trata-se de uma folha Excel, constituída por uma tabela, ver Figura 6.3, preenchida com dados conhecidos e que se repetem entre ensaios sendo uma vantagem pois não têm de ser consecutivamente escritos.

A *template* é praticamente constituída por *comboboxes*, caixas de texto, botões de opção e *checkboxes*. Cada um destes itens tem nomes automaticamente associados aquando da sua criação e é a partir deles que a informação que o utilizador preenche se torna acessível. Essa informação é depois utilizada pelas funções que constituem o programa.

A criação da *template* envolveu 5 funções sendo que a função `main()` é quem chama as funções criadas no decorrer do programa. Por exemplo, para preencher um novo relatório, a função `main()` chama as funções `preenche_novorelatorio` e `cria_novoWorkbook` presentes na Figura 6.4.

A função `preenche_novorelatorio` copia os dados preenchidos nos itens referidos (*comboboxes*, caixas de texto, botões de opção e *checkboxes*) da *template* para células de uma folha Excel, temporariamente. A função `cria_novoWorkbook`, copia o conteúdo da folha Excel temporária para um novo e definitivo livro Excel, que é o documento/relatório final. Depois disso, a folha Excel temporária e o formulário da *template* são limpos, isto é, eliminam-se todos os conteúdos das células e dos itens respetivamente, ficando prontos a ser preenchidos novamente.

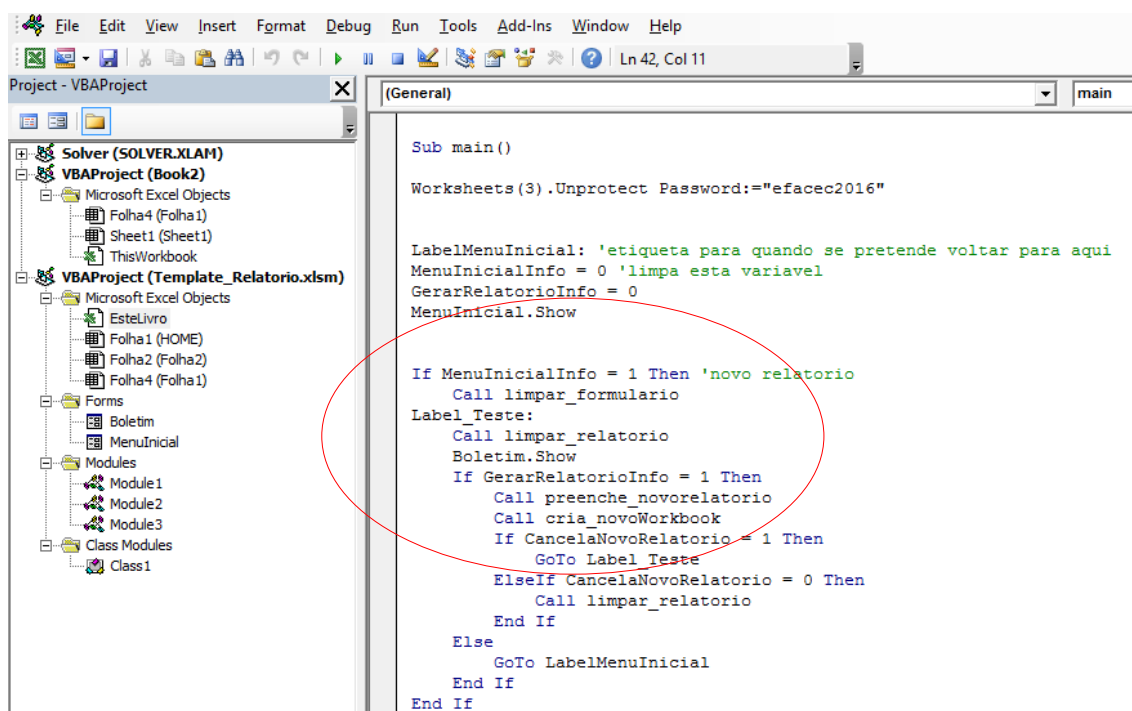


Figura 6.4 - Trecho de código da função main(), quando o botão “Novo Relatório” do Menu Inicial é acionado.

No final da *template* do boletim de ensaios existe um botão responsável por gerar o relatório que pode ser acionado a qualquer altura durante o preenchimento, guardando a informação presente na *template*.

Boletim individual de ensaios

Grandeza	Aparelho padrão	
	Output 1	Output 2
Ir	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Is	<input type="text"/>	<input type="text"/>
It	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Instrumentação utilizada:  nº

Temperatura ambiente:  °C

Observações:

9 - CONCLUSÕES

9.1. Observações

GERAR RELATÓRIO

© Sandra Gouveia, Março 2016

Figura 6.5 - Botão “Gerar Relatório” que copia todos os conteúdos do formulário para a folha Excel do relatório.

Este botão está associado a uma variável designada por, Figura 6.6, GerarRelatorioInfo que quando é “1” permite o preenchimento de um relatório como ilustrado na Figura 6.4.

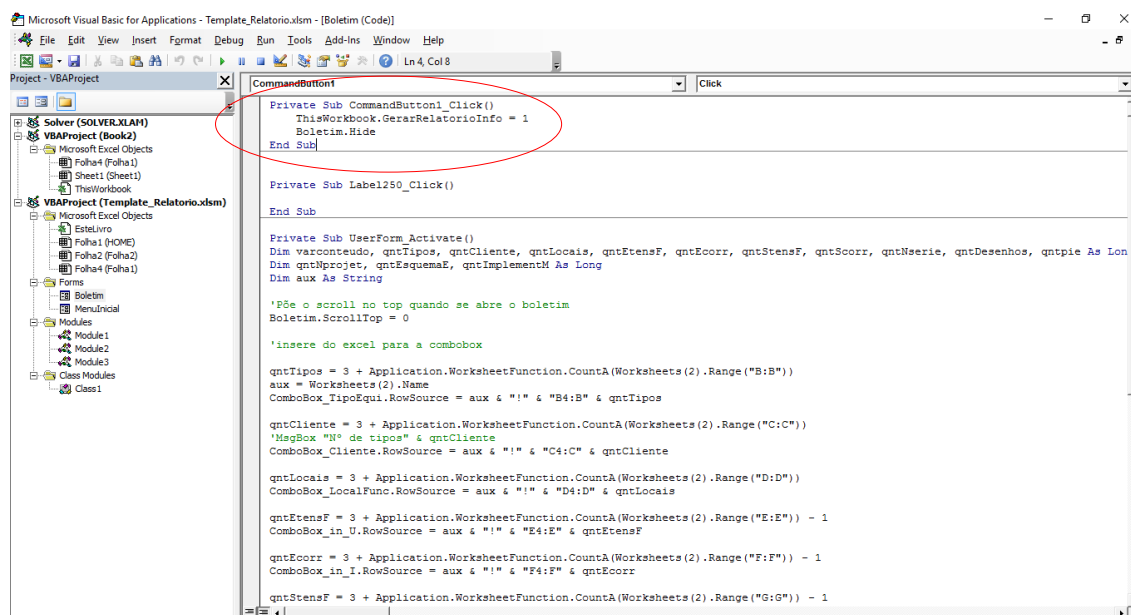


Figura 6.6 - Código do botão “Gerar Relatório”.

A opção “Alterar Relatório” carrega para a *template* todos os dados do relatório selecionado permitindo ao utilizador alterar apenas os campos que necessitam de modificações. Em seguida, o utilizador deve guardar o relatório com um novo nome, criando um ficheiro novo, podendo comparar as diferenças entre o relatório selecionado e o alterado.

## 6.4 - Conclusão

Através deste capítulo foi possível demonstrar um dos trabalhos realizados nesta dissertação que satisfaz parte da dissertação, relativamente à otimização dos processos de verificação.

Mais funcionalidades poderiam ser inseridas nesta *template* com vista a melhorá-la tornando-a mais eficiente:

- Tornar a *template* versátil - disponível para todos os equipamentos que Efacec Electric Mobility produz;
- Criar um botão que permitisse importar o documento final para a base de dados da Efacec;

Esta plataforma permitiria otimizar o arquivo da Efacec reduzindo gastos em papel, permitindo ao mesmo tempo um preenchimento mais rápido e menos suscetível a erros.

No próximo capítulo será abordado um projeto exemplificativo de um sistema de teste automático à cablagem.

# Capítulo 7

## Projeto exemplificativo de um sistema de teste automático

### 7.1 - Introdução

Tendo como principal objetivo a aquisição de sensibilidade para determinados pontos inerentes ao projeto, ainda antes de se iniciar o desenvolvimento do sistema de teste automático final, elaborou-se um projeto exemplificativo de um sistema automático para teste de continuidade de cablagem.

A Efacec Electric Mobility disponibilizou um controlador, ILC 130 StarterKit, para dar início à exploração do projeto.

Este capítulo contém em detalhe o projeto exemplificativo de um sistema de teste automático para cablagem.

### 7.2 - Descrição do teste exemplo à cablagem

Este projeto foi uma preparação para o projeto final que inclui teste de cablagem e para a sua realização recorreu-se a um *software* de programação específico do equipamento sendo que através deste foi possível construir um simulador com interface gráfica.

Relativamente ao teste à cablagem, a sua verificação não implica apenas perceber se este se encontra ligado nos locais corretos, o que a Efacec Electric Mobility já verifica durante os ensaios, mas também se a passagem de corrente está assegurada e se os componentes a que os cabos estão ligados estão a funcionar corretamente.

Um teste de continuidade a um cabo não é mais do que verificar que a corrente circula ao longo do condutor. Seria possível fazer esta simples verificação com um multímetro, mas o objetivo é poder fazê-lo **automaticamente** e a vários cabos em simultâneo.

Uma forma de o conseguir é ligar uma extremidade do cabo a uma saída do autómato e a outra extremidade a uma entrada e posteriormente através de um programa verificar se entrada é igual à saída. No caso de vários cabos liga-se uma das extremidades, de toda a cablagem, a uma mesma saída do autómato, e as outras extremidades a diferentes entradas do autómato. Supondo que se pretendem testar 100 cabos, utiliza-se uma saída do autómato e 100 entradas sendo possível identificar os cabos danificados através das respetivas entradas.

### 7.2.1 - ILC 130 StarterKit

O ILC 130 StarterKit, Figura 7.1, inclui um ILC 130 ETH (controlador), com saídas analógicas, terminais de entrada, painel de controlo, uma unidade de fonte de alimentação e interface *Ethernet* para comunicar com outros sistemas (por exemplo: computador ou outro ILC).

Este equipamento, trata-se de um controlador compacto que inclui *software*, nomeadamente o *PC WORX*, que permite configurar e programar o controlador. Existe também *software* que permite programar interfaces para o utilizador como é o caso do *Visu+ Express*. Ambas ferramentas, *PC WORX* e *Visu+ Express*, foram utilizadas na realização deste projeto.

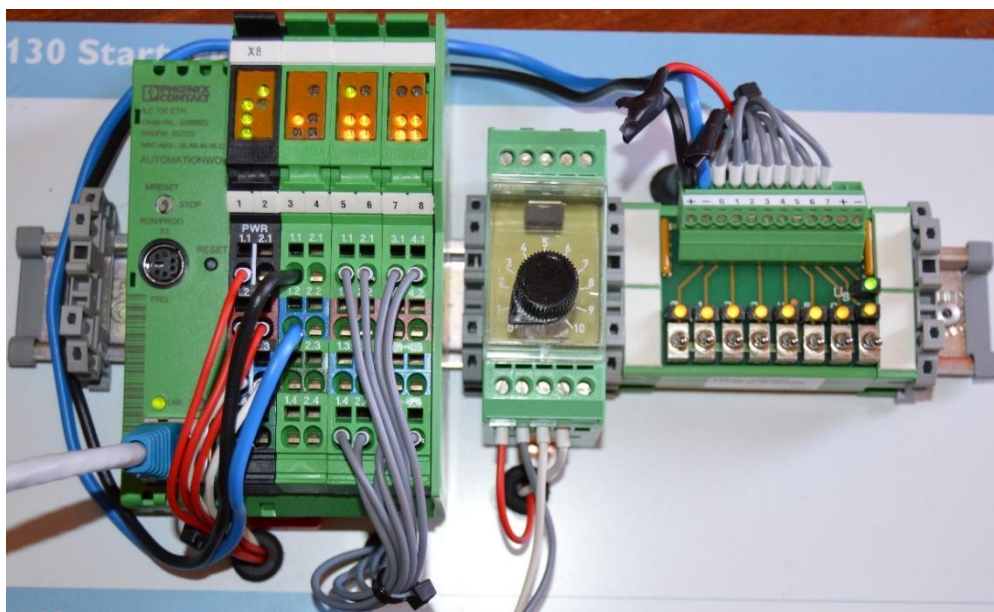


Figura 7.1 - ILC 130 Starter Kit, da Phoenix Contact, com 4 saídas e 8 entradas que são controladas através dos 8 interruptores.

### 7.2.2 - Explicação do programa

Com o programa implementado pretendeu-se simular o teste de cablagem através de um controlador que possui um conjunto de interruptores que permitem alterar os estados das entradas sendo possível realizar a simulação.



Através do ILC e tirando proveito dos interruptores que possui, ligou-se a alimentação do autómato diretamente a uma saída. Essa saída passou a ser controlada por uma variável associada à interface gráfica designada por “Controlo”, ver Figura 7.2.

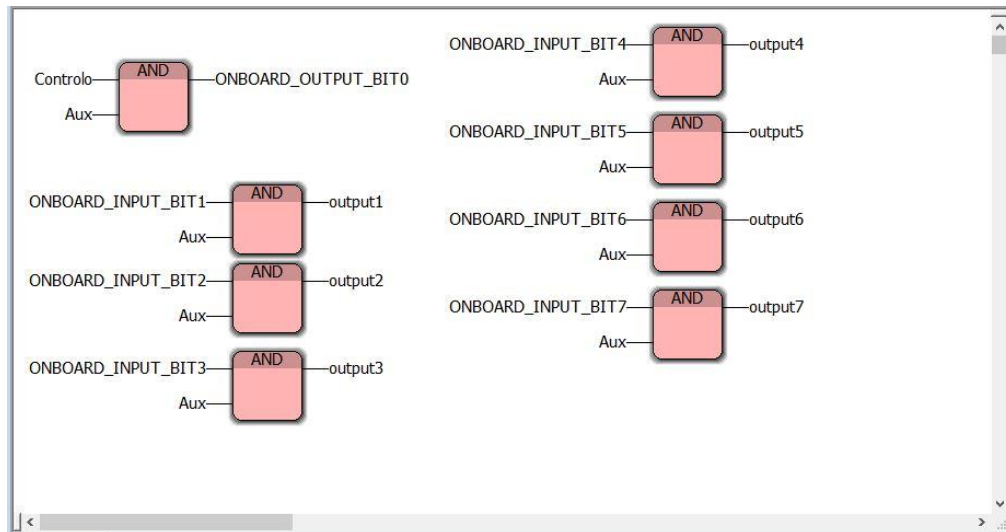


Figura 7.2 - Programa exemplo que permite testar 7 cabos.

As variáveis da Figura 7.2 ONBOARD\_INPUT\_BIT1, 2...7, são as variáveis de entrada que podem ser controladas a partir dos interruptores, ver Figura 7.1. A partir dos interruptores é possível colocar as entradas a “1” ou “0”, simulando um cabo em bom estado e um cabo danificado respetivamente. Como o ILC permite operações lógicas, optou-se por uma delas, e realizando a operação *AND* entre uma entrada (por exemplo ONBOARD\_INPUT\_BIT1) e uma variável auxiliar, Aux Figura 7.2, que é sempre verdadeira (“1”) foi possível simular os estados referidos anteriormente:

- Danificado: se do AND resultar “0”;
- Em bom estado: se do AND resultar “1”.

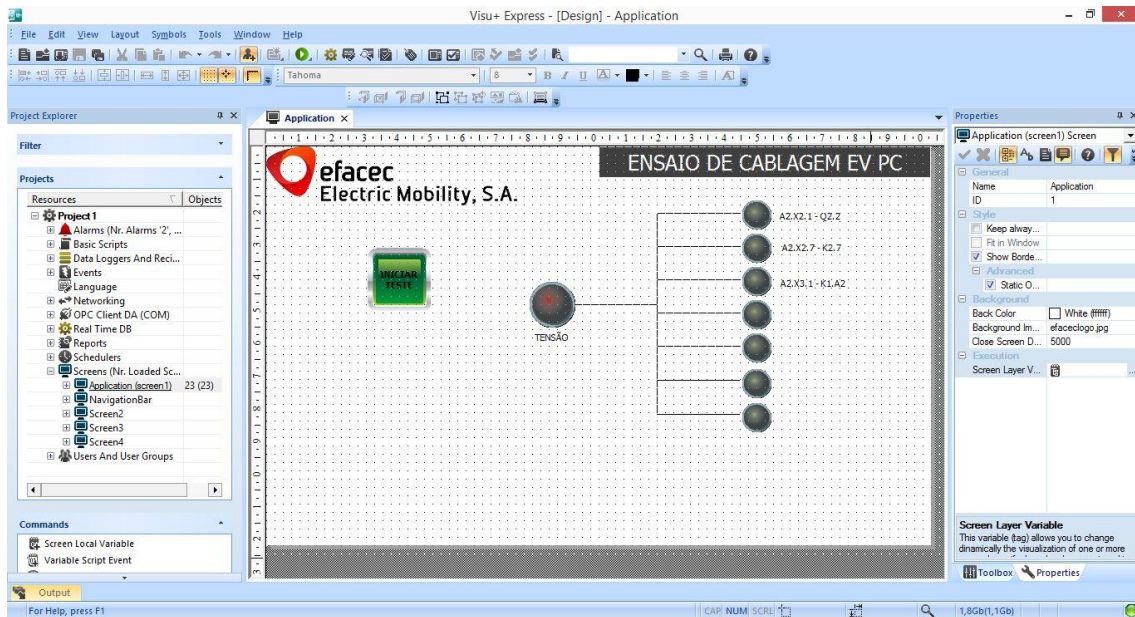


Figura 7.3 - Estrutura da interface gráfica inclui: Botão “INICIAR TESTE” e 8 sinalizadores luminosos.

Os estados dos cabos eram acompanhados por sinalizadores luminosos da interface gráfica, Figura 7.3. O botão “INICIAR TESTE”, Figura 7.3, estava associado à variável “Controlo” e o sinalizador luminoso identificado como “TENSÃO” está associado à variável de saída ONBOARD\_OUTPUT\_BIT0 (a variável de saída ligada à alimentação como já referido anteriormente). Quer dizer que sempre que o utilizador pressiona o botão, o sinalizador de tensão liga, ficando vermelho e alertando para tensão no circuito. Os restantes 7 sinalizadores estão associados às variáveis de saída output1,2...7, Figura 7.2, que quando passam a “1”, resultante da operação lógica anteriormente explicada, ficam verdes.

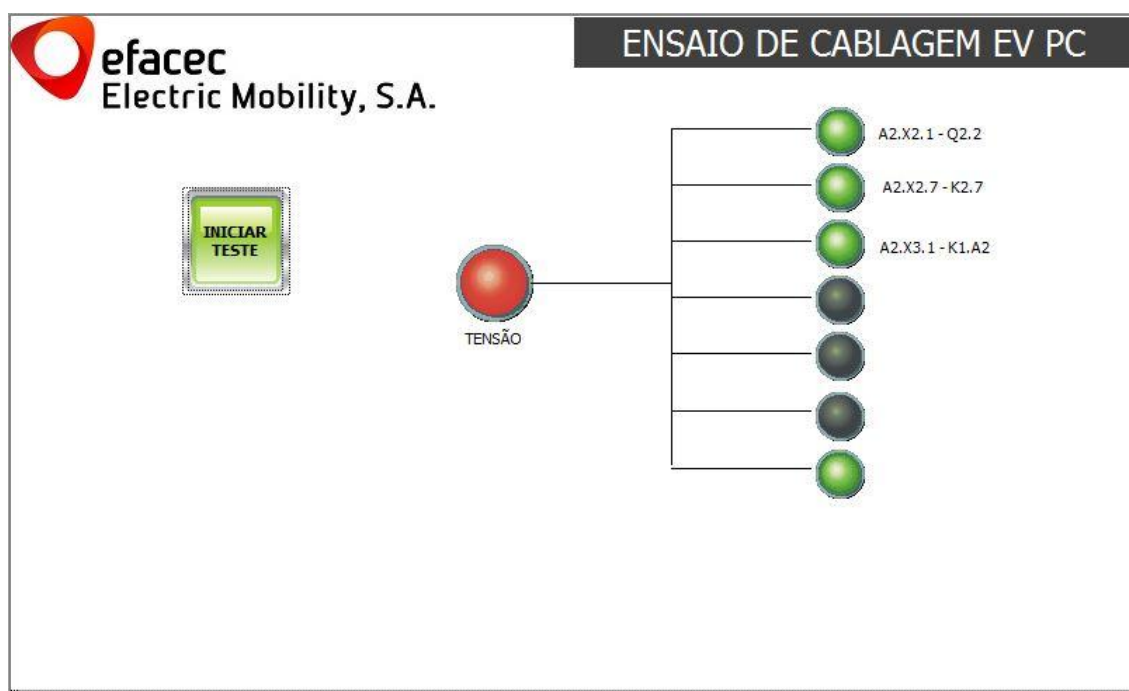


Figura 7.4 - Interface gráfica demonstra o estado da cablagem: os sinalizadores ligados a verde significam cabo em boas condições e os desligados, a cinza, significam cabos danificados.

A Figura 7.4 é um exemplo de uma simulação onde se observa que os interruptores 4, 5 e 6 estavam desligados simulando cabos danificados. A nomenclatura indicada à frente dos sinalizadores luminosos correspondem a origem e ao destino do cabo.

### 7.3 - Conclusão

O raciocínio utilizado para este projeto exemplo será o ponto de partida para a solução final. Naturalmente que a solução final não pode ser implementada com este equipamento pois este apenas possui 4 saídas e 8 entradas.

Este projeto exemplo foi imprescindível uma vez que permitiu um primeiro contacto com o projeto desta dissertação e ainda adquirir sensibilidade com equipamentos de controlo sendo possível prever algumas dificuldades que poderão surgir no projeto final.

O próximo capítulo contempla o projeto final com explicação do teste à cablagem e teste à régua do posto não modular.



## Capítulo 8

# Projeto do sistema de teste automático para o posto não modular

### 8.1 - Introdução

A construção de um sistema de teste automático para o posto não modular pressupõe a diminuição do tempo de ensaios e o aumento da fiabilidade do produto através da alteração da abordagem de controlo utilizada durante o processo de montagem do carregador.

Além do projeto incluir um teste automático para a régua e cablagem do posto não modular, pretende-se que o sistema esteja inserido numa mesa de teste específica que para além de possibilitar o funcionamento do próprio sistema, permite melhorar a organização do processo de montagem bem como definir o caminho da cablagem através da identificação da origem e do destino dos cabos.

Neste capítulo será apresentada a estrutura/arquitetura do sistema de teste, bem como as suas funcionalidades e vantagens. Inicialmente, serão explicadas as razões pelas quais há a necessidade de um sistema automático. Serão também apresentados os requisitos do sistema que permitem definir o equipamento adequado para o sistema.

Para comprovar a viabilidade do sistema, foram construídos dois simuladores do equipamento a testar, a régua e a cablagem. Uma vez que o projeto desta dissertação é pioneiro na empresa, a cablagem a ser testada será a que liga a régua à carta de controlo.

A ferramenta utilizada para a construção dos simuladores foi o Unity Pro da Schneider (software utilizado para programação de autómatos programáveis) que permite demonstrar a funcionamento do sistema do ponto de vista do utilizador. Para teste dos circuitos projetados utilizou-se a ferramenta de simulação *Multisim*.

## 8.2 - Arquitetura do sistema

Após visualização e análise dos ensaios realizados ao posto não modular, concluiu-se que não seria possível intervir diretamente nos ensaios realizados ao equipamento devido à **diversidade de ensaios e variabilidade de configurações para cada ensaio**. No entanto, após conhecimento do processo de montagem identificou-se a ausência de algumas etapas importantes. Essas etapas facilitariam não só a **execução dos ensaios** mas também diminuiriam/eliminariam o tempo de correção de erros provindos da montagem da cablagem e o tempo para substituição de componentes danificados nas réguas.

As etapas que se pretendem implementar através do sistema e que facilitariam o processo de ensaios são:

1. Teste à cablagem - inclui um teste à continuidade do condutor que por consequência verifica se a cravação que o cabo sofreu fornece o contacto elétrico necessário para que o cabo realize a sua função. Uma cravação mal feita gera mau contacto elétrico o que pode causar: **circuito aberto, perdas, danificar material e arder**. Um mau contacto traduz-se sempre em resistência à passagem de corrente, provocando perdas sob a forma de calor e diminuindo a eficiência do carregamento. Outra das vantagens é o facto do teste à cablagem pressupor uma **organização prévia dos cabos** permitindo uma montagem sequencial e otimizada.
2. Teste à régua - inclui o teste aos componentes constituintes da régua, bem como o estado das ligações que a compõem. Assim é possível identificar fases trocadas, cabos e respetivas cravações danificados e ainda componentes com contactos colados (disjuntores, diferencial e contadores).

A ideia da realização destes testes permitiu conceber um projeto de um sistema de teste automático. Para facilitar a compreensão do sistema, elaborou-se uma decomposição funcional de nível 0, permitindo conhecer as entradas, as saídas e a funcionalidade do sistema, Figura 8.1 A.

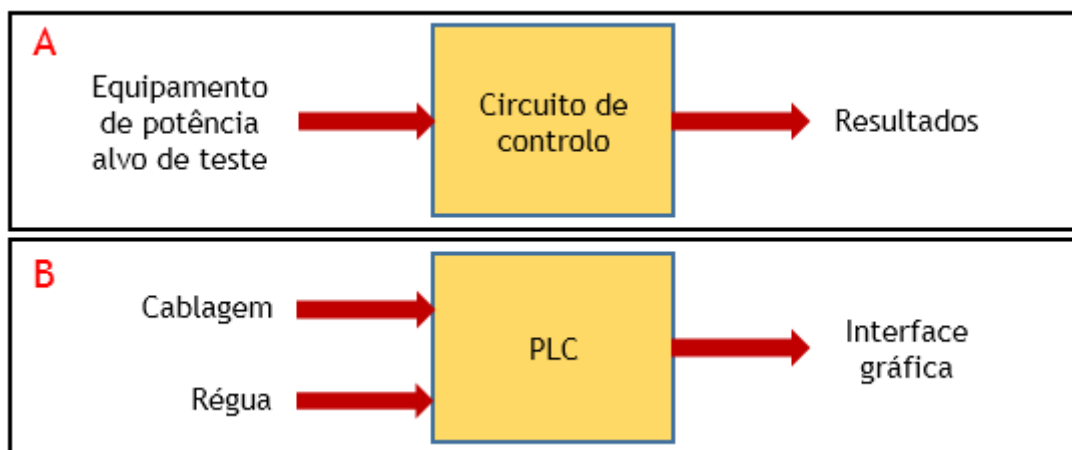


Figura 8.1 - Decomposição funcional do sistema a implementar, nível 0. A - Estrutura da decomposição funcional; B - Especificação das entradas, equipamento responsável pelo funcionamento do circuito de controlo e saídas.

O sistema de teste tem como entradas a cablagem e a régua. A saída apresenta-se sob a forma de interface gráfica cujos resultados divulgados a partir desta resultam de um circuito de controlo que realiza uma serie de verificações, Figura 8.1 B.

O circuito de controlo é constituído por um *PLC* que inclui uma fonte de alimentação, CPU (*Central Processing Unit*), módulos de entradas digitais, módulos de saídas digitais e fonte de alimentação externa. O CPU comunica com o computador, por USB, onde está instalado o software de programação - Unity Pro. A escolha de cada módulo do PLC será justificada posteriormente.

A alimentação da régua é realizada a 230V CA o que obriga a utilização de 22 relés de interface. Estes relés são o meio através do qual se consegue aceder fisicamente à régua e simultaneamente enviar um sinal elétrico ao autómato cujas entradas e saídas serão de 24V CC. Desta forma é possível definir fisicamente pontos de teste à régua.

A interface gráfica será produzida através do *software* e posteriormente o utilizador comandará o teste através desta e também receberá *feedback* acerca do estado dos componentes testados.

### 8.3 - Desenvolvimento da solução

Esta secção contém a explicação das soluções desenvolvidas para testar a régua e a cablagem do posto não modular. Apresentam-se também os requisitos que o sistema impõe e que devem ser tidos em consideração para a escolha do equipamento de controlo. E por último, apresenta-se uma proposta para a estrutura que suporta o funcionamento do sistema.

### 8.3.1 - Régua

O objetivo do teste à régua é verificar o seu funcionamento, o que inclui confirmar as ligações entre os diferentes componentes e os próprios componentes, através de pontos de teste, aplicados em locais estratégicos. Estes pontos estabelecem contacto elétrico com a régua ativando as bobinas dos relés que por ação magnética fecham os seus contactos permitindo o envio de um sinal elétrico das saídas para as entradas do PLC. Desta forma o utilizador é informado acerca do estado dos componentes.

Para isso criou-se um algoritmo que permite perceber se houve uma troca de fases nas ligações entre componentes, e se existem problemas ao nível de cravação na cablagem. Além disso, a principal vantagem da arquitetura da solução desenvolvida é seccionar por zonas os possíveis locais de defeito, podendo encontrar-se quer nos componentes quer na respetiva cablagem.

O caso retratado nesta secção corresponde à régua trifásica, uma vez que o carregador em estudo é trifásico.

Para projetar um teste à régua trifásica do carregador foi necessário ter em consideração a existência de algumas variáveis que condicionam à partida o sistema de teste para este componente. As variáveis com as respetivas características estão apresentadas na Tabela 8.1.

**Tabela 8.1 - Variáveis, enquanto características, de tensão, configuração e dimensões da régua trifásica alvo de teste.**

Variáveis	Régua	Unidades
1) Tensão	230 (por fase)	V CA
2) Configuração	Monofásica	N/A
	Trifásica	
3) Dimensões	Monofásica: N/D	Milímetros
	Trifásica: 336,3	

- 1) A tensão de alimentação da régua influencia diretamente o *hardware* do sistema sendo por isso uma das variáveis que mais o condiciona. No caso da régua em estudo, configuração trifásica, esta é alimentada a partir da rede a 400V CA, ou seja, 230V CA fase-neutro o que implica a utilização de relés que suportam esse valor de tensão.
- 2) A configuração da régua também é uma variável importante pois interfere diretamente com a estrutura do programa que estará no controlador e com o próprio sistema físico devido às diferentes dimensões (3)) para cada configuração.
- 3) As dimensões são importantes pois o sistema, para este componente, inclui uma estrutura que será colocada acima da régua para que possa ser testada. Essa estrutura para conseguir estabelecer contacto elétrico com a régua real tem que apresentar as



mesmas dimensões da régua real. A estrutura designa-se por régua fictícia e estabelecerá contacto elétrico com a régua real através dos pontos assinalados a vermelho na Figura 8.2 e estabelecerá também ligação ao equipamento de controlo através das bobines dos relés identificadas também na Figura 8.2. Mais à frente será apresentado o desenho desta estrutura para que se entenda o conceito do que se pretende implementar.

Na Figura 8.2 estão representados os 15 pontos de teste identificados de acordo com o esquema elétrico da Figura 8.4.

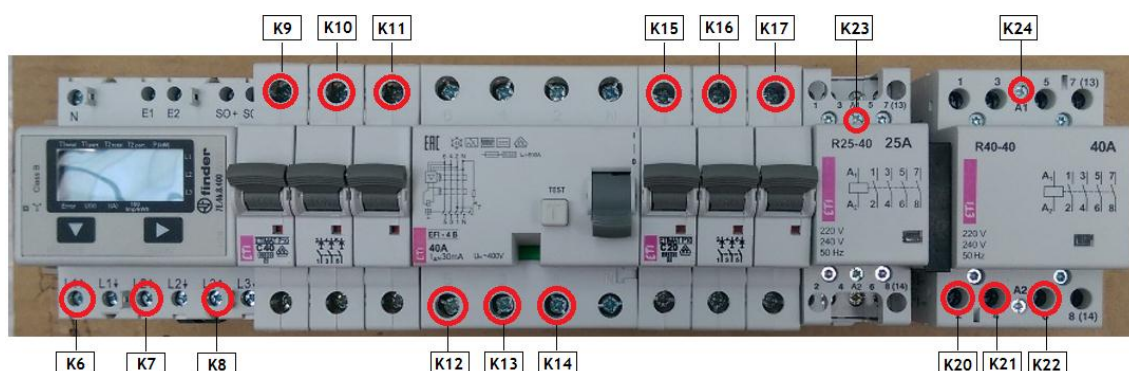


Figura 8.2 - Régua trifásica real com pontos de teste assinalados. A régua é constituída por um contador de energia, um disjuntor de 40A, um diferencial, outro disjuntor de 20A, e dois contactores, um de 25A e outro de 40A.

Para projetar o sistema de teste da régua, parte de *hardware*, serão necessários relés com as características iguais às representadas na Tabela 8.2.

Tabela 8.2 - Quantidade, configuração e tensão na bobine dos relés.

Configuração	Quantidade	Pontos a que conectam	Tensão da bobine (V)
Relé de interface - C Figura 8.3	5	K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub> , K <sub>5</sub> , K <sub>18</sub> , K <sub>19</sub> Figura 8.4	24 CC
Relé de interface - B Figura 8.3	17	K <sub>6</sub> ...K <sub>17</sub> , K <sub>20</sub> ...K <sub>24</sub> Figura 8.4	230 CA

Um dos relés que cumprem as características da Tabela 8.2 são os relés da série 4C da *Finder* cujo esquema elétrico está explícito na Figura 8.3.

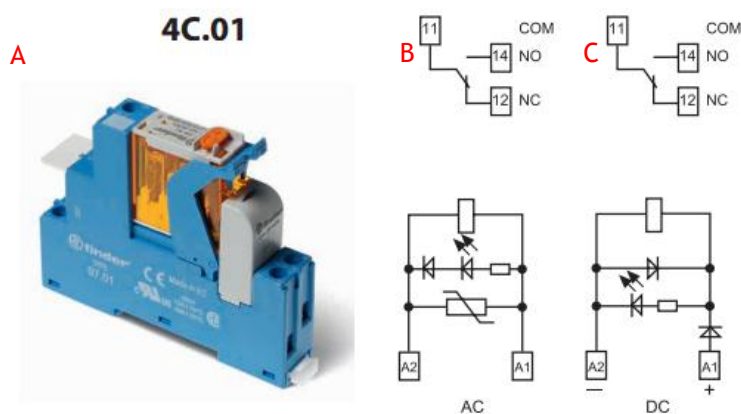


Figura 8.3 - A - Relé da *Finder* série 4C01; B - Esquema elétrico do Relé com bobine em CA; C - Esquema elétrico do Relé com bobine em CC. [25]

O funcionamento do relé implica aplicar aos terminais da bobine (A1, A2 Figura 8.3) uma diferença de potencial que reproduz na bobine um comportamento semelhante ao de um ímã trocando a posição do contacto metálico de acordo com as posições que estão representadas na Figura 8.3. Se o contacto estiver Normalmente Aberto (NO - pino 14 Figura 8.3), quando a bobine é acionada troca a sua posição para Normalmente Fechado (NC pino - 12 Figura 8.3) por ação magnética.

No esquema da Figura 8.4 K3 estão identificados os pontos do esquema do relé a utilizar, pinos 11 e 14 Figura 8.3 C, para que se entendam as ligações que são necessárias realizar. Na Figura 8.6 K3 também estão identificados os terminais da bobine.

A Figura 8.4 além de conter o esquema elétrico da régua, contém parte do *hardware* necessário para realização do teste e a sua localização de ligação constituindo o circuito de potência.

A utilização destes relés prende-se com a necessidade de:

1. Controlar a tensão por fase na régua a partir de K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>, K<sub>5</sub>;
2. Selecionar o circuito a testar a partir de K<sub>18</sub> e K<sub>19</sub>;
3. Testar os vários dispositivos da régua através da separação entre circuito de potência (230V CA) e o circuito de comando (24V CC).

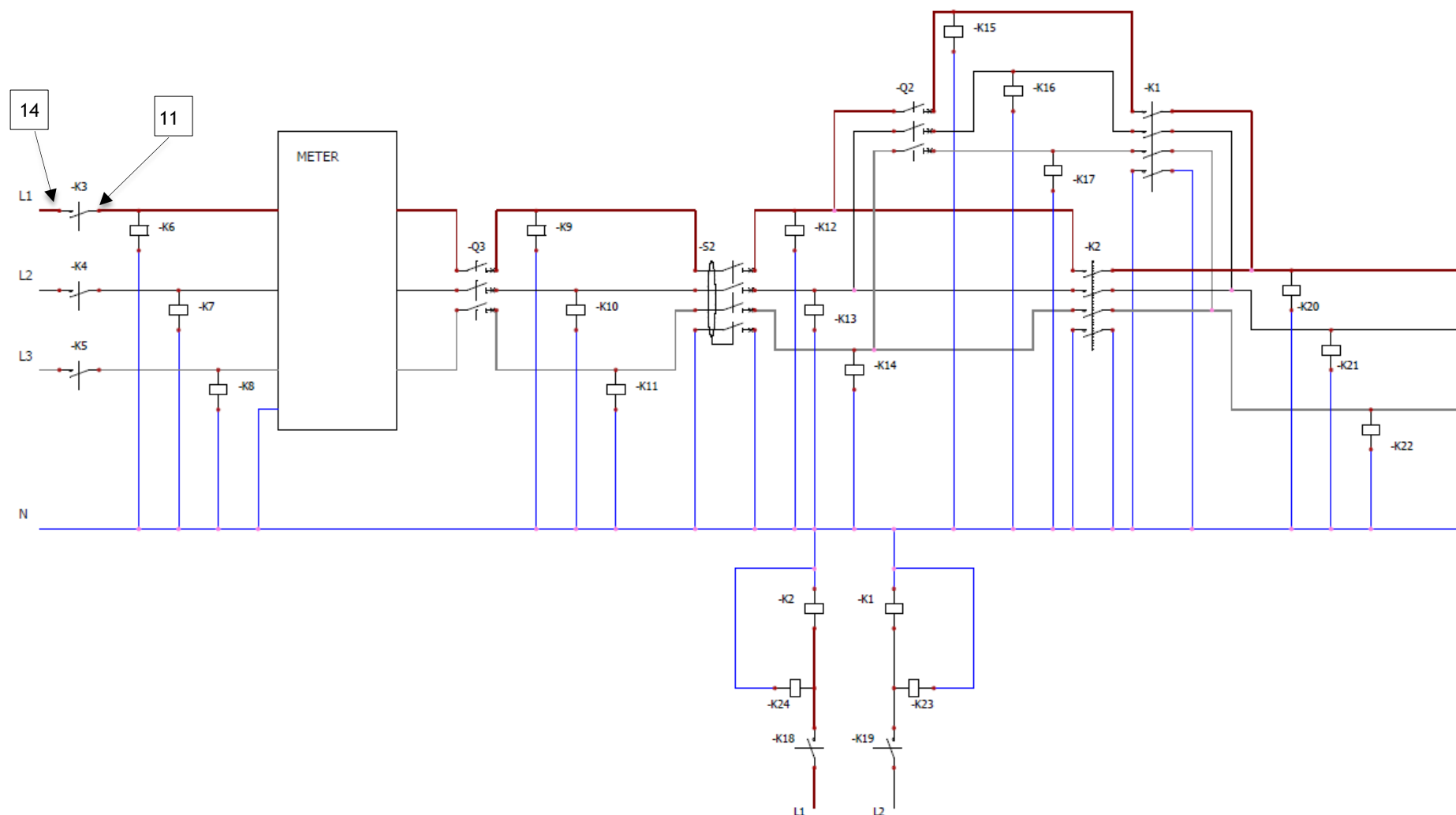
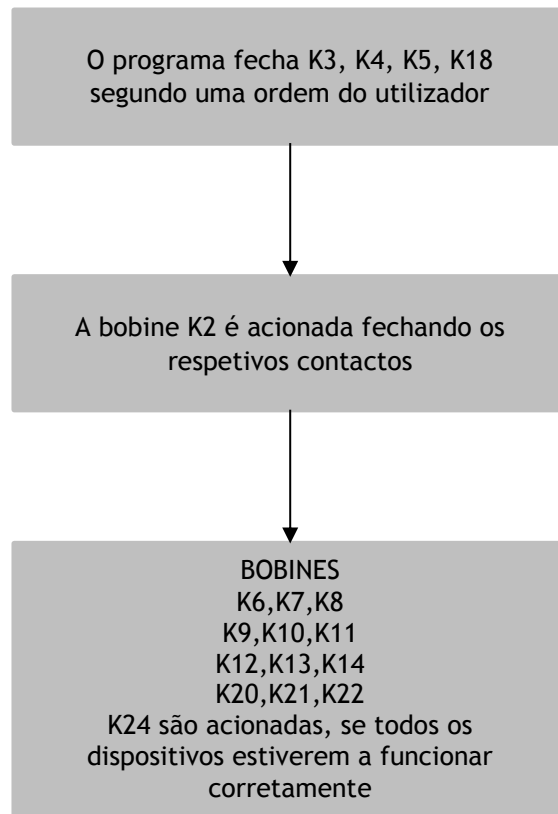


Figura 8.4 - Esquema elétrico da régua com sistema de teste integrado. L1, L2 e L3 representam a alimentação do sistema, 230V CA (F-N). K6...K17, K20...K24 são pontos de controle. K3,K4,K5,K18 e K19 são controlados pelo programa através de um comando do utilizador.

Nesta etapa será ilustrado, através da Figura 8.5, o que acontece em termos elétricos ao circuito projetado na Figura 8.4 e por isso é vantajoso assumir algumas considerações:

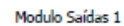
- $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  alimentam o sistema corretamente;
- O utilizador testa o circuito selecionado por K18.



**Figura 8.5 - Fluxograma do funcionamento elétrico do esquema da Figura 8.4 assumindo as considerações descritas acima.**

O acionamento das bobines do último processo da Figura 8.5 são a prova física de que os componentes estão em boas condições e a cablagem que os liga também está corretamente ligada e cravada.

O acionamento das bobines irá fechar os respetivos contactos de acordo com a Figura 8.6 e todas as verificações anteriormente referidas são realizadas simultaneamente através do teste projetado. Considerando o exemplo de K6, ver Figura 8.4 e Figura 8.6, assim que a bobine esteja ativa o respetivo contacto de K6 fecha. Como existe uma ligação física entre as saídas dos módulos do autómato e as entradas, assim que o contacto de K6 feche, o programa permite enviar um sinal elétrico da saída a que está ligado K6 para a entrada. No fundo, K6 estabelece um caminho para o sinal a ser enviado da saída Q5 Modulo Saídas 1 Figura 8.6 para a entrada I0 Modulo Entradas 1 Figura 8.6. Por isso, caso o contacto de K6 não seja acionado, o circuito está interrompido e a entrada I0 não receberá o sinal e não será acionada, pelo que o utilizador receberá essa informação através da interface gráfica.



Modulo Saídas 2

### 8.3.1.1 - Algoritmo do programa de teste

Uma parte também muito importante deste trabalho prende-se com o desenvolvimento de algoritmo que permite sustentar o *hardware* desenvolvido.

O algoritmo do programa será apresentado através de dois fluxogramas para facilitar a sua compreensão. Uma vez que a régua é constituída pelo paralelo de dois circuitos, Figura 8.7, será apresentado um fluxograma para teste do circuito seleccionado pelo contactor K2 e um fluxograma para teste do circuito seleccionado pelo contactor K1 assinalados a vermelho na Figura 8.7.

OUTPUT 1

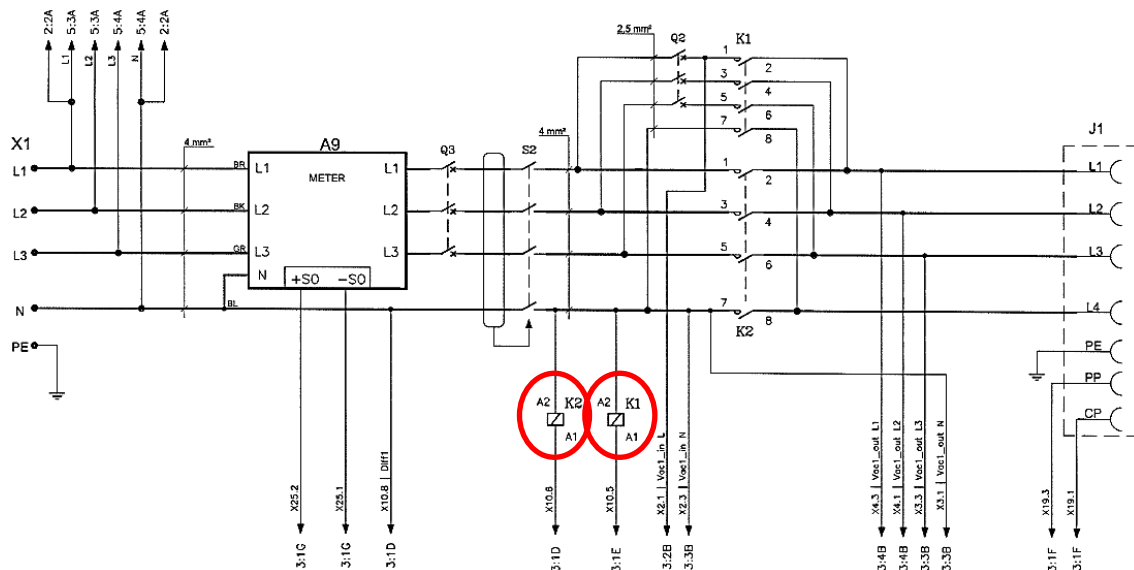


Figura 8.7 - Esquemático da régua trifásica para identificação dos contactores K1 e K2.

Por uma questão de simplificação dos fluxogramas, estes apenas contêm uma fase do circuito elétrico, no entanto o programa do simulador foi desenvolvido na totalidade das três fases. Ambos fluxogramas partem do inicial apresentado na Figura 8.8.

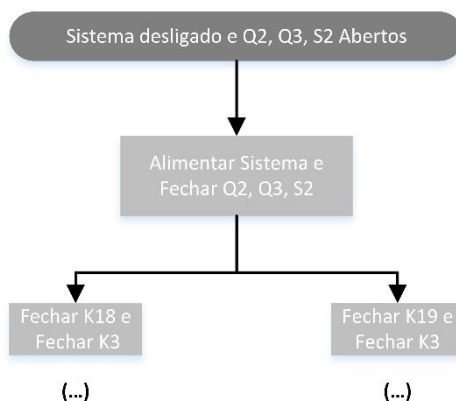


Figura 8.8 - Fase inicial comum aos fluxogramas, em que o estado inicial é o retângulo de cantos arredondados e os processos são retângulos onde se realizam ações.

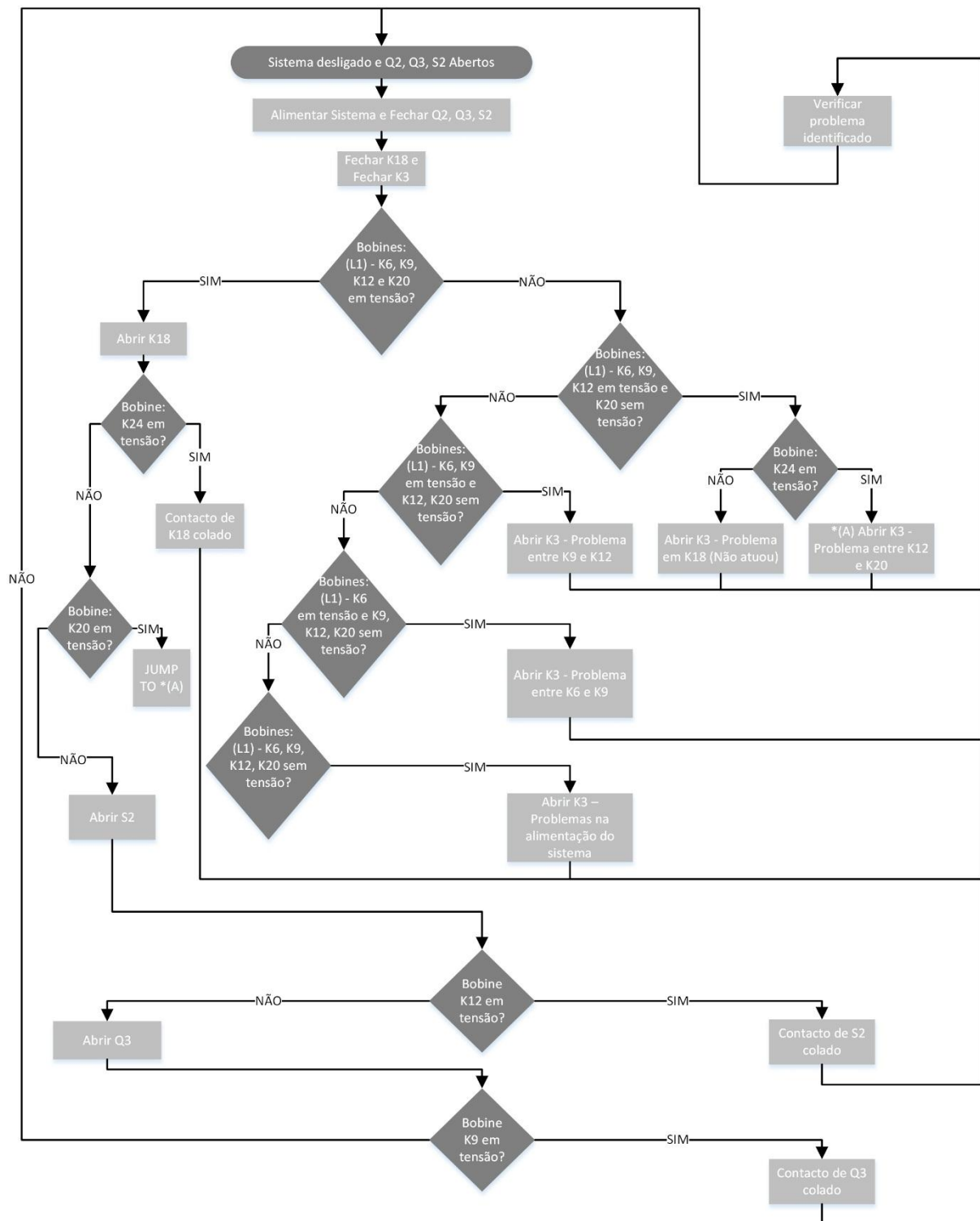
Para que o programa seja executado corretamente é necessário que a régua do carregador esteja a ser alimentada, que o circuito esteja montado de acordo com a Figura 8.4 e a Figura 8.6 e que o utilizador dê ordem de iniciar o teste (Fechar K3 e K18/K19). Assumindo que o utilizador escolhe testar primeiro o circuito do contactor K2, Figura 8.7, o programa realiza uma série de verificações aos pontos que testam a régua. De realçar que o algoritmo foi desenhado exclusivamente para verificação da régua, não incluindo, por isso, verificações ao próprio sistema de teste construído.

O algoritmo presente na Figura 8.9 tem como objetivo seccionar os locais onde podem estar presentes os defeitos do equipamento. Para isso realiza sucessivas verificações aos pontos de teste, Figura 8.2, até encontrar o defeito. Essas verificações são realizadas de jusante para montante da régua uma vez que problemas a montante refletem-se sempre a jusante, no entanto o contrário não acontece.

No que diz respeito ao aspeto construtivo do fluxograma, as verificações/decisões são representadas pelos losangos, as ações pelos retângulos e o estado inicial pelo retângulo de cantos arredondados, ver Figura 8.9.

Para facilitar a explicação do fluxograma, este será utilizado para encontrar a solução de 3 casos hipotéticos:

- CASO 1: Todos os pontos de teste estão em tensão.
- CASO 2: Ponto de teste K9 sem tensão.
- CASO 3: Ponto de teste K20 sem tensão.



**Figura 8.9 - Fluxograma do teste à régua - contactor K2.**



- **CASO 1:**

Quando a régua é alimentada, todos os pontos de teste estarão em tensão, por isso, K18 será aberto. A abertura de K18, e uma vez que se pressupõe que este estará a funcionar corretamente, implicará que K24 fique sem tensão. Como consequência, a bobine do contactor K2 será desenergizada pelo que os respetivos contactos serão abertos, o que implicará a desenergização de K20. Em seguida, o utilizador receberá uma informação de que deve abrir o diferencial S2. Resultante dessa abertura, o ponto de teste K12 estará sem tensão pelo que se segue a abertura de Q3, através de outra informação enviada ao utilizador, que resultará numa ausência de tensão em K9. Desta forma, a ausência de tensão em K9 permite voltar ao estado inicial onde K3 será aberto (Sistema desligado).

- **CASO 2:**

A ausência de tensão a jusante de K9 permite seccionar o problema entre K6 e K9. Os pontos K12 e K20 estarão isentos de tensão no entanto a bobine K24 permanecerá ativa pois a funcionalidade desta é controlar o estado de K18.

O facto de K9 não identificar tensão pode significar que:

1. A cablagem que liga a saída do contador de energia à entrada do disjuntor Q3 pode estar mal cravada estabelecendo mau contacto.
2. A fase L1 de saída do contador não está ligada à fase L1 da entrada do disjuntor Q3 (troca de fases).

- **CASO 3:**

A ausência de tensão em K20 secciona o problema entre K12 e K20 caso K24 detete tensão. O facto de K20 não identificar tensão pode significar que:

1. A cablagem que liga a saída do diferencial S2 à entrada do contactor K2 pode estar mal cravada estabelecendo mau contacto.
2. A fase L1 da saída de S2 não está ligada à fase L1 da entrada do contactor K2 (troca de fases).

Em seguida segue-se a outra parte do algoritmo que permite testar o circuito do contactor K1. O algoritmo é semelhante ao apresentado anteriormente pelo que não serão criados casos hipotéticos para explicação do seu funcionamento. De realçar que o utilizador poderia ter escolhido em primeiro lugar testar o circuito de K1 em vez do circuito do contactor K2.

# Projeto do sistema de teste automático para o posto não modular

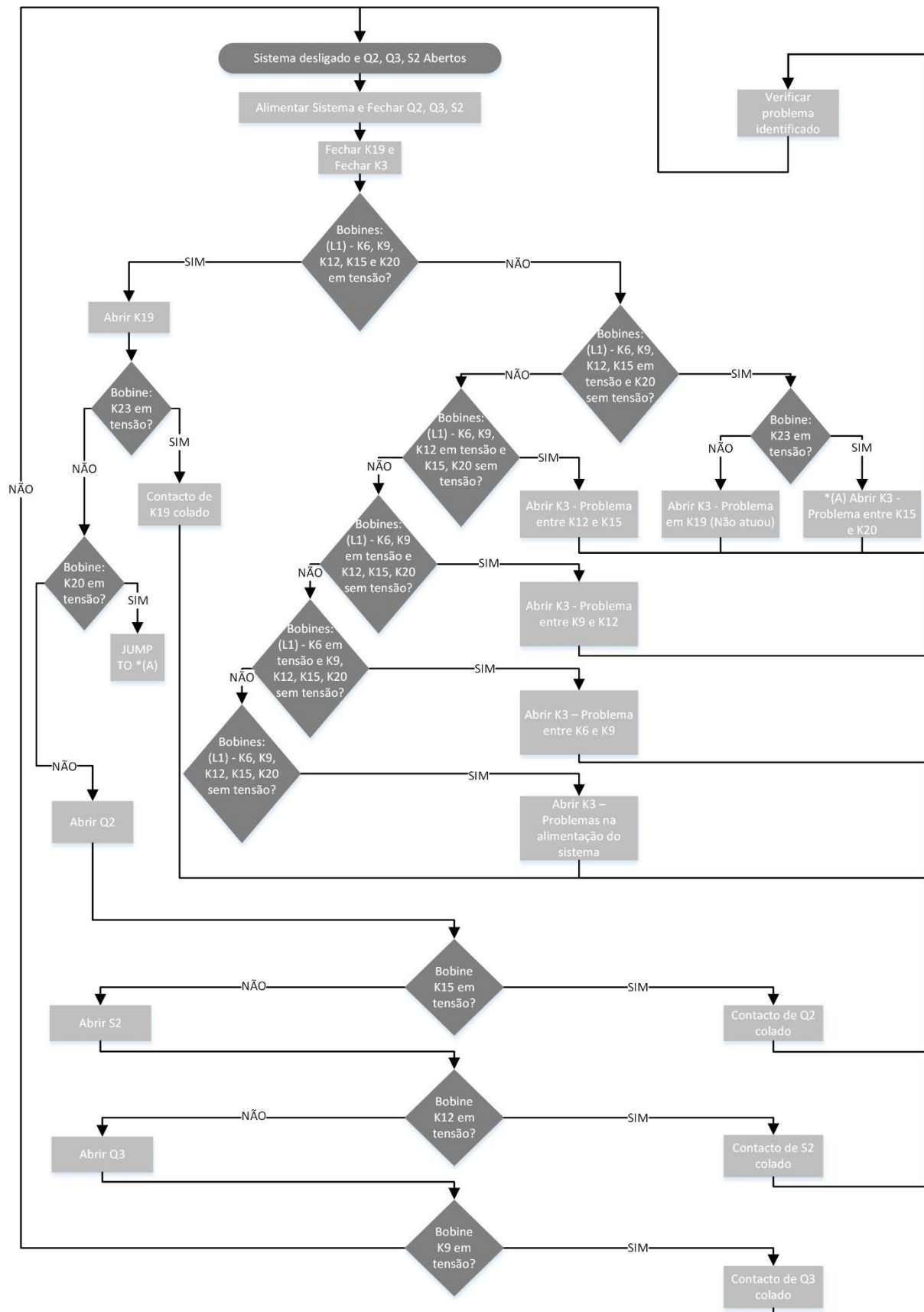


Figura 8.10 - Fluxograma do teste à régua - contactor K1.

### 8.3.1.2 - Resultados da simulação dos circuitos projetados

Para testar a funcionalidade e a veracidade dos esquemas elétricos da Figura 8.4 e Figura 8.6 utilizou-se o *Multisim* que é uma ferramenta de simulação gráfica que permite, entre outros, a simulação de circuitos elétricos. Para efeitos de simulação aplicaram-se os três casos hipotéticos utilizados para explicar o algoritmo.

- CASO 1 - Todos os pontos de teste estão em tensão

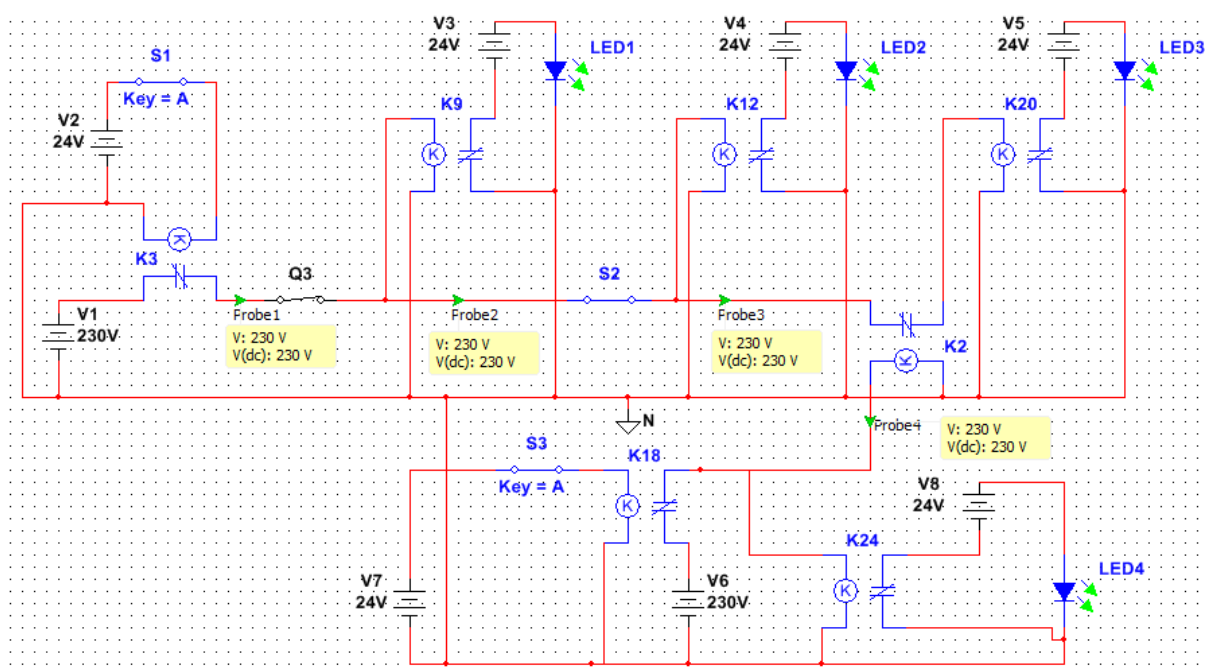


Figura 8.11 - Simulação do caso 1.

As fontes de tensão de 24V CC representam as saídas do autômato, ver V2, V3, V4, V5, V6, V7 e V8 Figura 8.11, e os LEDs, ver LED1, LED2, LED3 e LED4 Figura 8.11, representam as entradas do autômato. Entre as fontes de tensão e os LEDs estão os contactos dos relés que podem interromper o circuito das saídas para as entradas tal e qual como no esquema da Figura 8.6. A interrupção do circuito só acontece se a bobine do relé não for acionada resultante da simulação de danos nos dispositivos em teste. S1 e S3, ver S1, S3 Figura 8.11, representam um botão da interface gráfica comandado pelo utilizador que permite acionar K3 e K18, ver K3 e K18 Figura 8.4, testando o circuito acionado pelo contactor K2, ver K2 Figura 8.4.

A Figura 8.11 mostra a simulação de Q<sub>3</sub>, S<sub>2</sub> e K<sub>2</sub> em correto funcionamento e os indicadores luminosos, LEDs, traduzem o correto funcionamento da régua. Nesta simulação foi utilizada uma fonte de alimentação de 230V CC porque o *Multisim* não suporta relés cujas bobines sejam acionadas em CA.

Para simular um defeito em qualquer um dos dispositivos, Q3, S2 ou K2 Figura 8.11, ou até mesmo na cablagem, é necessário abrir os contactos e interromper o circuito.

- CASO 2 - Ponto de teste K9 sem tensão

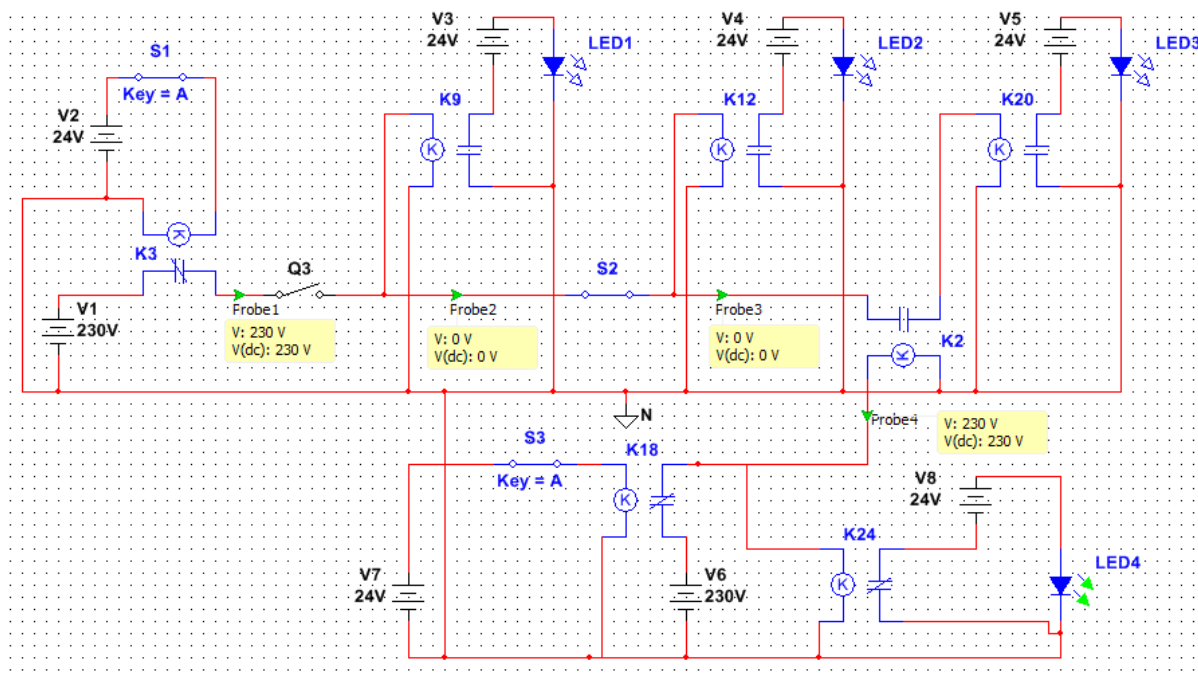


Figura 8.12 - Simulação do caso 2.

No caso da simulação representada na Figura 8.12, a interrupção do circuito pelo disjuntor Q3 impede que o restante circuito seja alimentado, como demonstram as Probe2 e Probe3 Figura 8.12. O utilizador entende desta forma que os LEDs, ver LED1, LED2, LED3 Figura 8.12, desligados significam a ausência de tensão devido ao disjuntor Q3. Apesar disso, o circuito que alimenta K2 permanece em tensão pois é um circuito independente que apenas controla K2, e por isso o LED4 Figura 8.12 continua ligado.

- CASO 3 - Ponto de teste K20 sem tensão

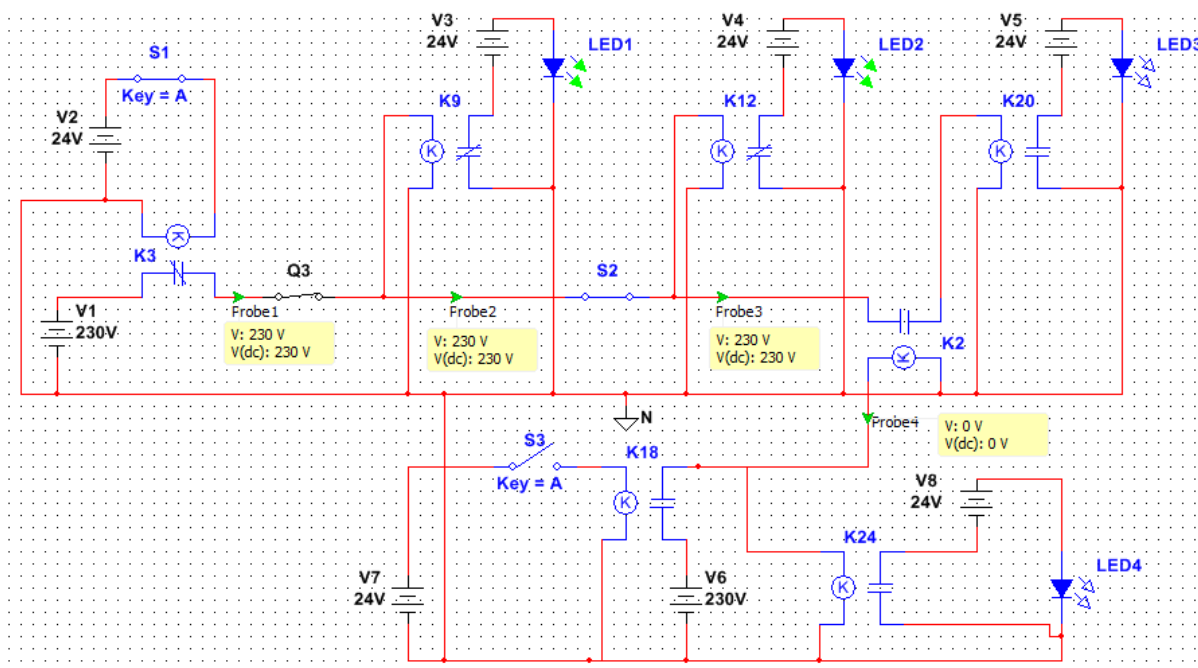


Figura 8.13 - Simulação do caso 3.

No caso representado na Figura 8.13, abrir S3 implica que a bobine de K2 não seja acionada e o LED4 não será ligado, simulando um problema na alimentação K2 como mostra a Probe4. O facto do LED3 não estar ligado é apenas uma consequência da alimentação de K2.

A simulação do circuito implementado é um resultado muito importante porque confirma-se o funcionamento do projeto implementado.

### 8.3.1.3 - Resultados da simulação do algoritmo e da interface gráfica

Além da simulação do circuito, uma vez que o projeto implicará programar um equipamento de controlo, implementar o programa deste trata-se também de uma das tarefas mais importantes.

A partir do algoritmo apresentado anteriormente construiu-se um programa em SFC (*Sequential Functional Chart*) Figura 8.14, no *software Unity Pro*, que permite simular o comportamento de uma régua real com algumas restrições nomeadamente no que diz respeito à realização do deslastre à régua. Entenda-se por deslastre a ação de desligar partes do circuito através da abertura do diferencial e disjuntores. Além disso, este *software* permite criar interfaces gráficas simples que podem ser controladas a partir do programa implementado, associando as variáveis de saída e de entrada utilizadas no programa a objetos da interface.

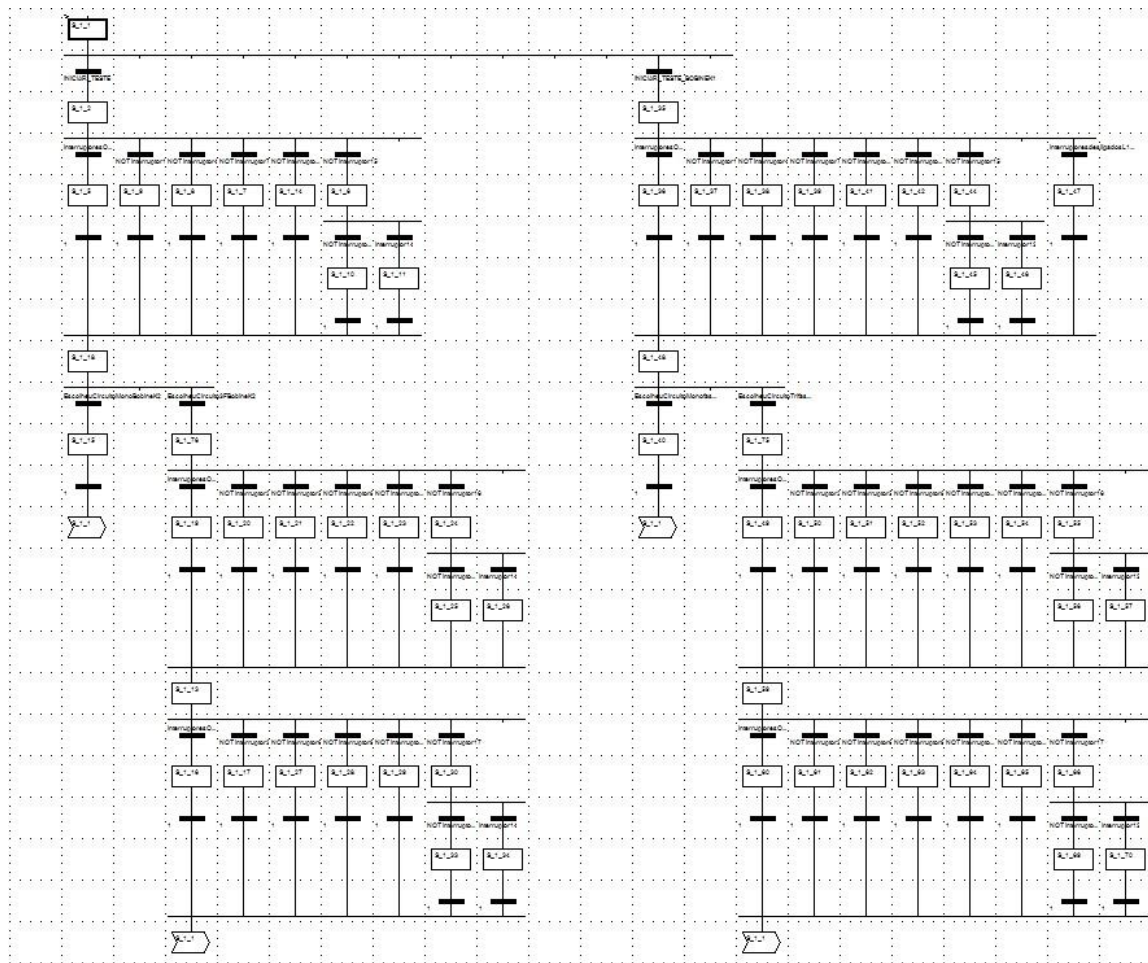


Figura 8.14 - Programa do simulador implementado em SFC baseado no algoritmo apresentado.

A linguagem utilizada é uma das possibilidades para programação de um PLC, o que significa que o programa já implementado para o simulador, com algumas alterações, poderá ser convertido facilmente no programa real.

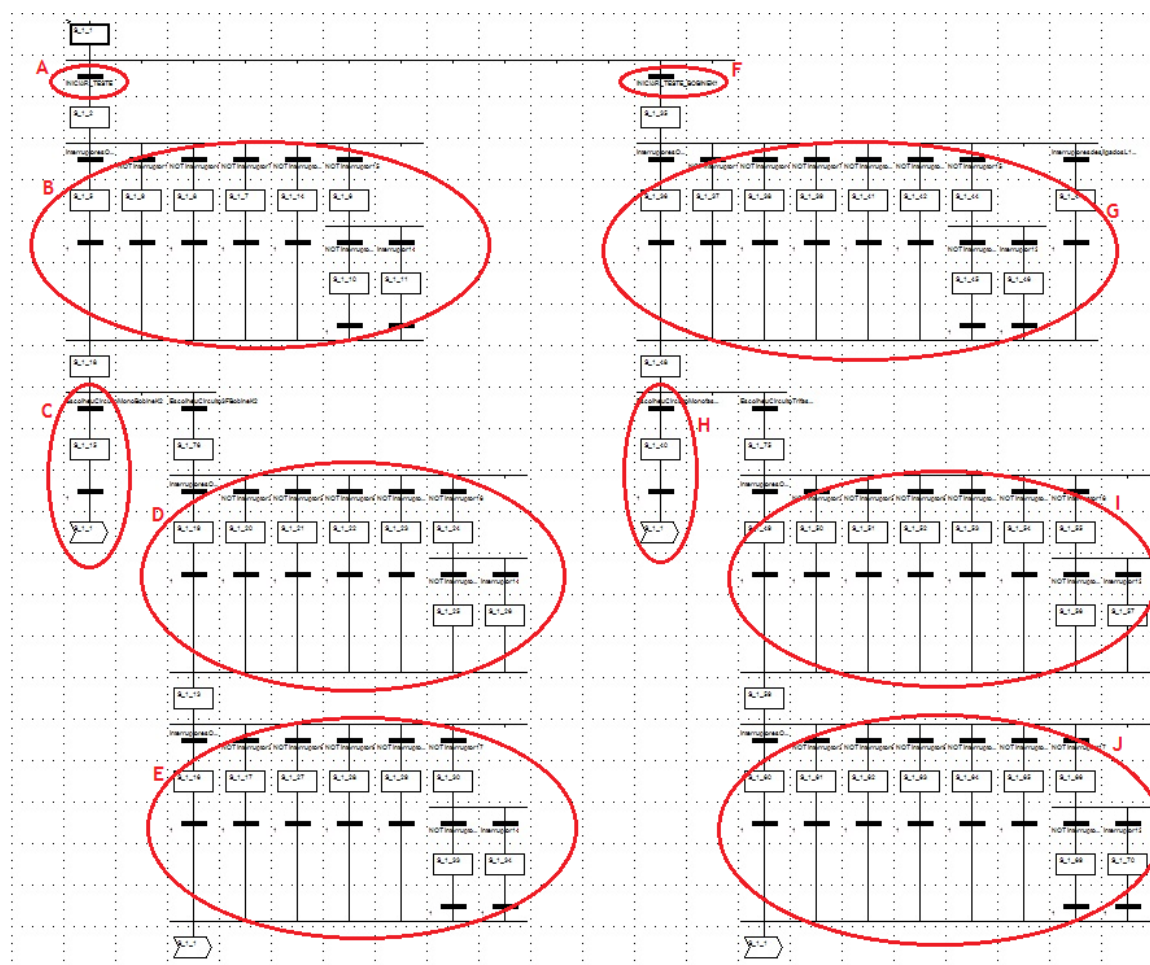


Figura 8.15 - Estrutura do programa implementado. Os retângulos são os steps, onde se acionam saídas, e as transições são os traços escuros, onde se verificam entradas. A - Utilizador aciona botão de teste ao circuito K2; B - Verificações aos pontos de teste fase L1 do circuito K2; C - Verificação da escolha de circuito monofásico K2; D - Verificações aos pontos de teste fase L2 do circuito K2; E - Verificações aos pontos de teste fase L3 do circuito K2; F - Utilizador aciona botão de teste ao circuito K1; G - Verificações aos pontos de teste fase L1 do circuito K1; H - Verificação da escolha de circuito monofásico K1; I - Verificação aos pontos de teste fase L2 do circuito K1; J - Verificação aos pontos de teste fase L3 do circuito K1.

A estrutura do programa apresenta-se na Figura 8.15 e a partir desta é possível comparar as semelhanças entre o algoritmo e o programa implementado. As verificações realizadas na parte Figura 8.15 B, por exemplo, são as verificações apresentadas no algoritmo da Figura 8.9, aliás o número de verificações no algoritmo, 6 verificações, corresponde exatamente às 6 transições na parte Figura 8.15 B.

Como se trata apenas de um simulador, e uma vez que o programa corre em modo de simulação, na realidade não existem saídas e entradas do PLC a ser acionadas/ativas dentro dos steps/transições do programa.

No caso desta aplicação, nos steps são criadas ações que permitem forçar as variáveis de saída criadas, ver Figura 8.16 B. Entenda-se por forçar como colocar uma variável a *TRUE* (valor lógico 1) ou *FALSE* (valor lógico 0).

Nas transições são verificadas as variáveis de entrada, ver Figura 8.16 A, ou um conjunto de variáveis de entrada que podem estar relacionadas através de operações, como por exemplo AND, OR ou IF.



Variables						
DDT Types Function Blocks DFB Types						
Filter   Name = * <input type="checkbox"/> EDT <input type="checkbox"/> DDT <input type="checkbox"/> IODDT <input type="checkbox"/> Device DDT						
Name	Type	Address	Value	Comment	Time stamping	
● INICIAR_TESTE	BOOL				None	A
● INICIAR_TESTE_BOBINEK1	BOOL				None	
● interruptor1	BOOL				None	
● interruptor2	BOOL				None	
● interruptor3	BOOL				None	
● interruptor4	BOOL				None	
● interruptor5	BOOL				None	
● interruptor6	BOOL				None	
● interruptor7	BOOL				None	
● interruptor8	BOOL				None	
● interruptor9	BOOL				None	
● interruptor10	BOOL				None	
● interruptor11	BOOL				None	
● interruptor12	BOOL				None	
● interruptor13	BOOL				None	
● interruptor14	BOOL				None	
● interruptor15	BOOL				None	
● interruptor16	BOOL				None	
● interruptor17	BOOL				None	
● M1E1_K6	BOOL				None	
● M1E2_K7	BOOL				None	B
● M1E3_K8	BOOL				None	
● M1E4_K9	BOOL				None	
● M1E5_K10	BOOL				None	
● M1E6_K11	BOOL				None	
● M1E7_K12	BOOL				None	
● M1E8_K13	BOOL				None	
● M1E9_K14	BOOL				None	
● M1E10_K15	BOOL				None	
● M1E11_K16	BOOL				None	
● M1E12_K17	BOOL				None	
● M1E13_K20	BOOL				None	
● M1E14_K21	BOOL				None	

Figura 8.16 - Variáveis utilizadas para implementação do programa. A - Variáveis de entrada; B - Variáveis de saída.

A referência a “variáveis de saída” e “variáveis de entrada” prende-se com a distinção que se pretende fazer entre as entradas/saídas reais do PLC a utilizar e as variáveis de entrada/saída que se utilizam no modo de simulação. No entanto, de notar a facilidade de conversão das variáveis virtuais em entradas e saídas reais bastando associar um endereço, do PLC, para as tornar reais. Na tabela da Figura 8.16 está uma coluna que se designa por “Address” que pode ser preenchida com o endereço dos módulos de entrada e dos módulos de saída, tornando as variáveis reais.

Com as variáveis anteriormente apresentadas criaram-se as ações ilustradas na Figura 8.17.



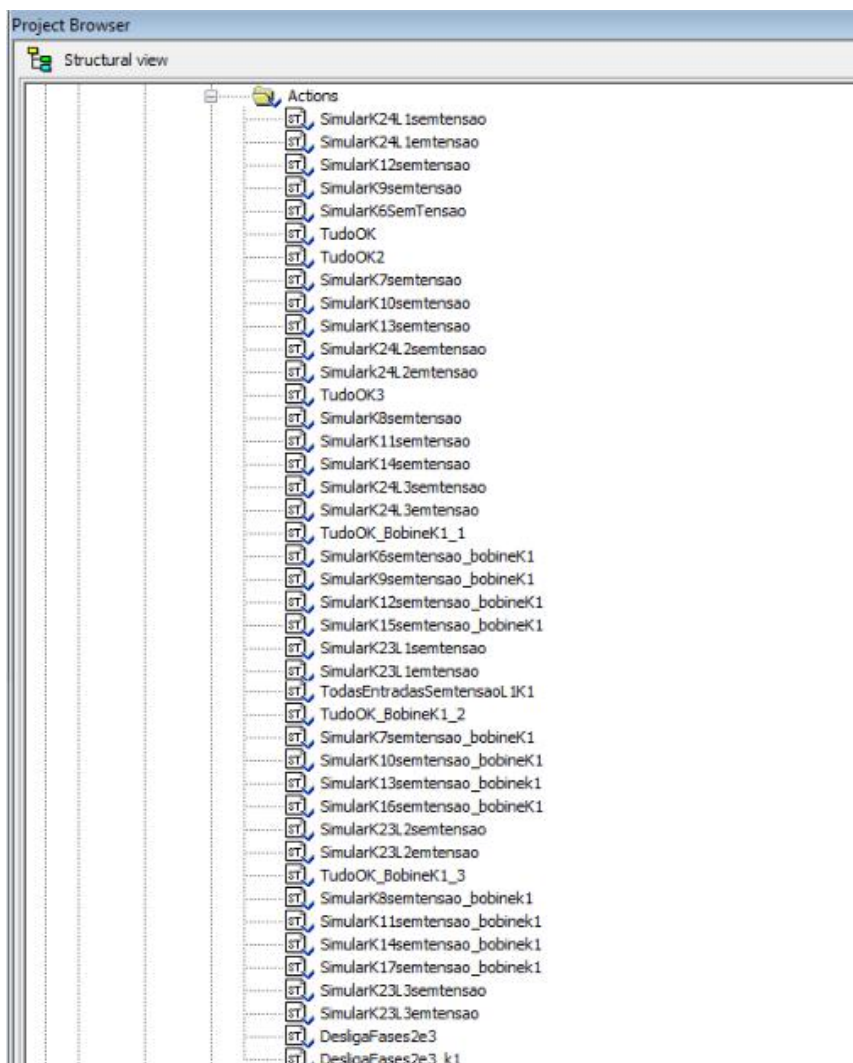


Figura 8.17 - Totalidade das ações que o programa criado utiliza.

As ações estão dentro dos *steps* do programa em SFC e neste caso em específico ligam/desligam os *LEDs* da interface gráfica. No caso da primeira ação da Figura 8.17, “Simulark24L1semtensao”, significa forçar as seguintes variáveis apresentadas na Figura 8.18.

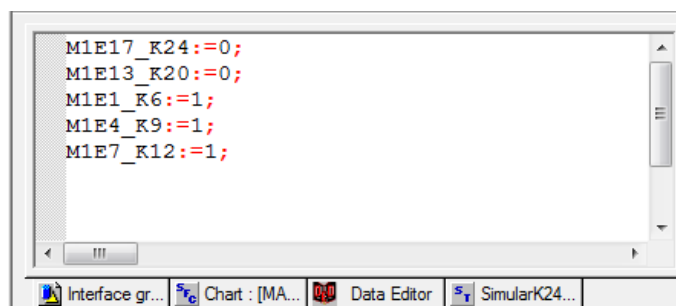


Figura 8.18 - Valores lógicos atribuídos às variáveis de saída na ação “Simulark24L1semtensao”.

Relativamente às transições, nelas são verificadas os valores lógicos das variáveis individualmente ou em simultâneo através da criação de secções de transição, permitindo-se a passagem para o

próximo step ou não, consoante a transição seja verdadeira ou não. Na Figura 8.19 estão apenas representadas as transições em secção uma vez que o programa executa várias transições verificando somente uma variável.

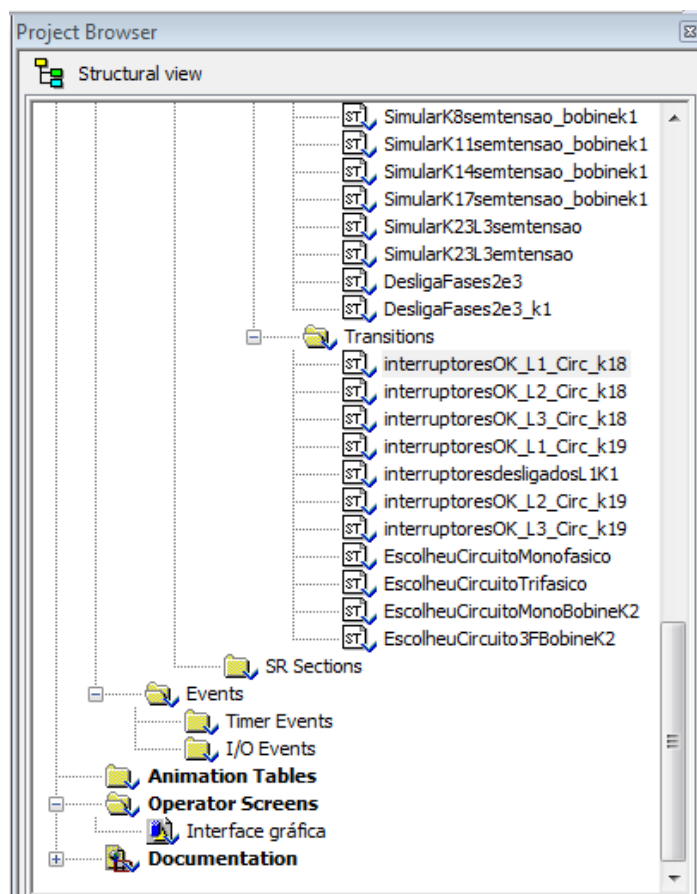


Figura 8.19 - Totalidade das transições, em secção, que o programa implementado utiliza. As transições em variável não se encontram apresentadas.

As secções de transição verificam o estado de um conjunto de variáveis com determinado valor lógico. Por exemplo, no caso da secção de transição “interruptoresOK\_L1\_Circ\_k18” Figura 8.19, são verificados os valores lógicos das variáveis através da operação AND representada na Figura 8.20.

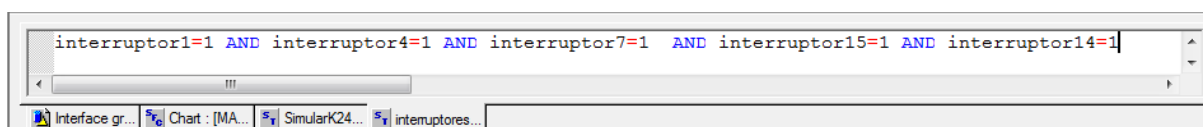


Figura 8.20 - Na secção da transição “interruptoresOK\_L1\_Circ\_k18” verifica-se se as variáveis dos interruptores apresentados são todas verdadeiras.

A partir da informação descrita anteriormente estão reunidas as condições para explicação da interface gráfica criada.

Na realidade, o que se pretende é uma interface para o utilizador com o aspeto gráfico da Figura 8.21.

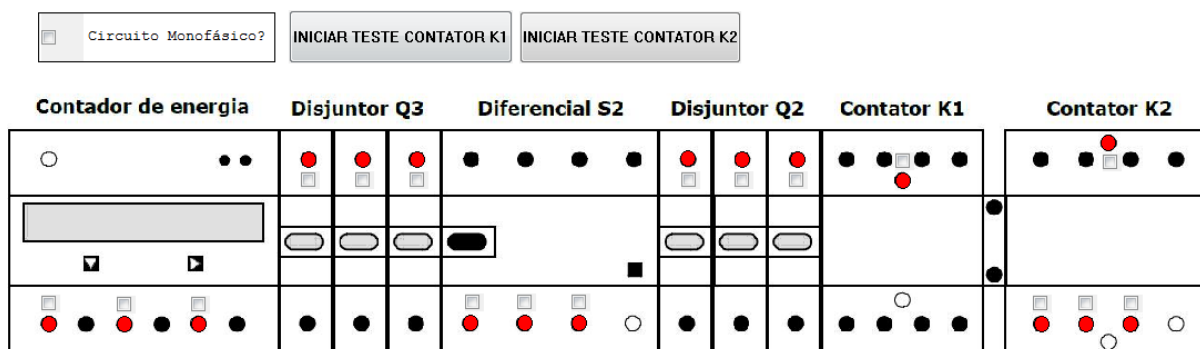


Figura 8.21 - Interface gráfica implementada no Unity Pro através do programa apresentado. O estado do simulador, nesta figura, é desligado.

A partir desta o utilizador consegue seleccionar a configuração da régua e ainda qual dos circuitos pretende testar primeiro, através dos botões INICIAR TESTE CONTATOR K1 e INICIAR TESTE CONTATOR K2. Apesar de no algoritmo não ser perceptível, uma vez que se representou exclusivamente a fase L1, o programa verifica os pontos de teste fase a fase ( $L1 > L2 > L3$ ) como se verifica na Figura 8.15, sendo apenas necessário uma *checkbox* para a configuração monofásica. Por isso, caso o utilizador pretenda ensaiar uma régua monofásica deve seleccionar a *checkbox* com a indicação “Circuito Monofásico?” antes de iniciar o teste.

Como se trata de um simulador, as *checkboxs* permitem simular o estado dos pontos de teste identificados na Figura 8.2. Caso as *checkboxs* estejam seleccionadas, significa que o utilizador pretende simular que nesses pontos de teste não existem defeitos. Os *LEDs* representados no simulador **nem sempre** representam o estado das *checkboxs* como se verifica pela Figura 8.22 pois o objetivo é que o simulador se aproxime ao máximo da realidade.

A demonstração do funcionamento deste simulador será realizada também através dos três casos anteriormente considerados.

- CASO 1 - Todos os pontos de teste estão em tensão

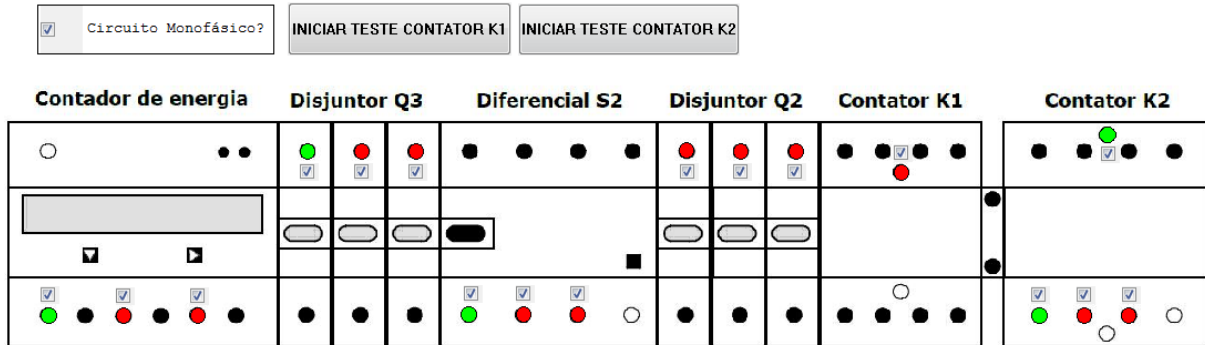


Figura 8.22 - Simulador demonstra ao utilizador que a régua monofásica está a funcionar corretamente. Simulação do caso 1.

Como o caso 1 foi sempre tratado na fase L1, simula-se o ensaio a uma régua monofásica, Figura 8.22.

Neste caso, mesmo com o utilizador a tentar ativar o estado dos pontos de teste noutras fases, o programa não o permite uma vez que foi selecionada a checkbox do circuito monofásico. Para além disso, o programa também não permite que as bobinas dos contadores K1 e K2 sejam ativas ao mesmo tempo, ver Figura 8.22, porque na realidade nunca funcionam em simultâneo. O motivo de ambos contadores não serem ativos simultaneamente prende-se com o facto do circuito onde K1 se encontra servir como limitador de corrente de Q3.

Por isso, o que o programa executa, após o utilizador acionar o botão de teste do contator K2, é a verificação dos pontos de teste da fase L1 e antes de verificar as restantes fases verifica a checkbox do circuito monofásico. Como esta se apresenta selecionada o programa não permite que os restantes LEDs sejam ligados e salta para o estado inicial onde se mantém até que o utilizador volte a acionar um dos botões.

- CASO 2 - Ponto de teste K9 sem tensão

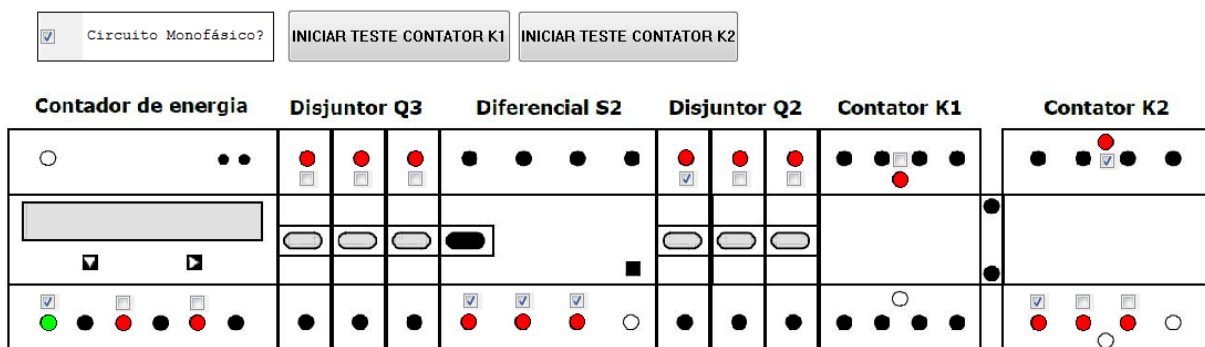


Figura 8.23 - A simulação da ausência de tensão em K9 (disjuntor Q3) implica que o utilizador não seleccione a respetiva checkbox. Simulação do caso 2.

Para simular K9 sem tensão, é necessário que a respetiva *checkbox* não esteja selecionada, ver Figura 8.23, e estando as restantes selecionadas, o programa não permite que os *LEDs* sejam ligados para que o utilizador localize a secção do problema, que é o que se pretende na realidade.

Neste caso o que o programa executa, após o utilizador acionar o botão de teste do contactor K2, é a verificação dos pontos de teste da fase L1. No entanto, como a *checkbox* do ponto de teste K9 não se encontra selecionada o programa não permite que os restantes *LEDs* sejam ligados, o que secciona o problema. Como a *checkbox* do circuito monofásico se apresenta selecionada, o programa não permite que os restantes *LEDs* das restantes fases sejam ligados e salta para o estado inicial onde se mantém até que o utilizador volte a acionar um dos botões.

- CASO 3 - Ponto de teste K20 sem tensão

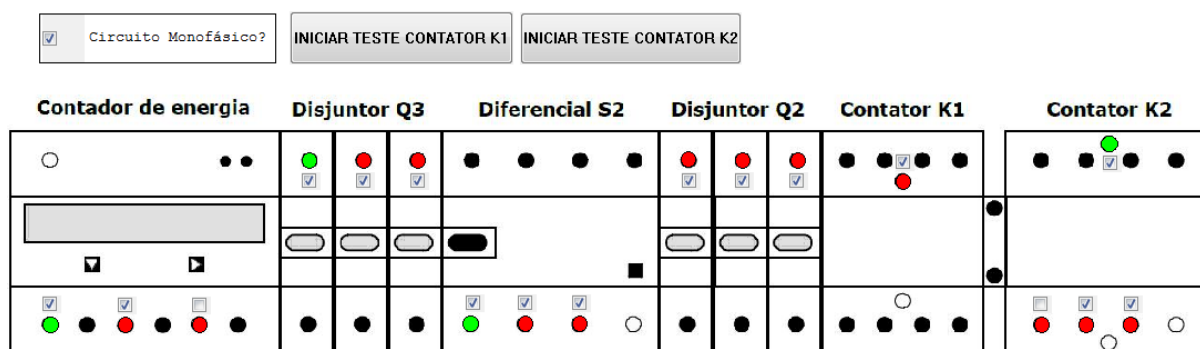


Figura 8.24 - A simulação da ausência de tensão em K20 (Contador K2) implica que o utilizador não selecione a respetiva *checkbox*. Simulação do caso 3.

Para simular K20 sem tensão, é necessário que a respetiva *checkbox* não esteja selecionada, ver Figura 8.24.

Neste caso o que o programa executa, após o utilizador acionar o botão de teste do contactor K2, é a verificação dos pontos de teste da fase L1. No entanto, como a *checkbox* do ponto de teste K20 não se encontra selecionada o programa não permite que o respetivo *LED* seja ligado, o que secciona o problema. Como a *checkbox* do circuito monofásico se apresenta selecionada, o programa não permite que os restantes *LEDs* das restantes fases sejam ligados e salta para o estado inicial onde se mantém até que o utilizador volte a acionar um dos botões.

### 8.3.2 - Cablagem

O objetivo do teste à cablagem inclui proporcionar uma organização prévia aos cabos que constituem o posto não modular, numa mesa de teste específica, e testar a sua continuidade devido ao processo a que estão sujeitos - cravação.

Inicialmente, realizou-se uma lista de pontos cujos cabos conectam e que a empresa considerou serem mais importantes. Esta lista é constituída, maioritariamente, pela cablagem que liga a carta

de controlo à régua e que se designará, a partir deste ponto, por pontos conetores. Os pontos conetores, no total, são 35 e apresentam comprimentos de 500mm, 1100mm, 1500mm, 1700mm, 1800mm e 2000mm.

O teste dos 35 cabos pressupõe que estes sejam organizados numa mesa de teste específica, onde estará indicada a origem e o destino de cada cabo, antes de serem testados. O que se pretende é que esta organização prévia da cablagem diminua as possibilidades do cabo ser ligado no sítio errado. Esta técnica de organização da cablagem é bastante utilizada na indústria automóvel devido à elevada quantidade de cablagem que os automóveis possuem, sendo que também se pode revelar bastante útil neste contexto pois para além de organizar a cablagem previamente à montagem no carregador, esta será também testada.

Uma vez que o teste à régua recorre a um equipamento de controlo, o mesmo será utilizado para teste à cablagem incluindo uma interface gráfica.

Para testar a cablagem apenas é necessária 1 saída do PLC e 35 entradas, para os 35 cabos. Entre as entradas e a saída do PLC estão ligados, no caso do esquema da Figura 8.25, 15 cabos a ser testados.

Para efeitos de representação na Figura 8.25 apenas constam 15 cabos que preenchem o módulo de entradas 1. Neste esquema o comprimento dos cabos não foi tido em consideração.

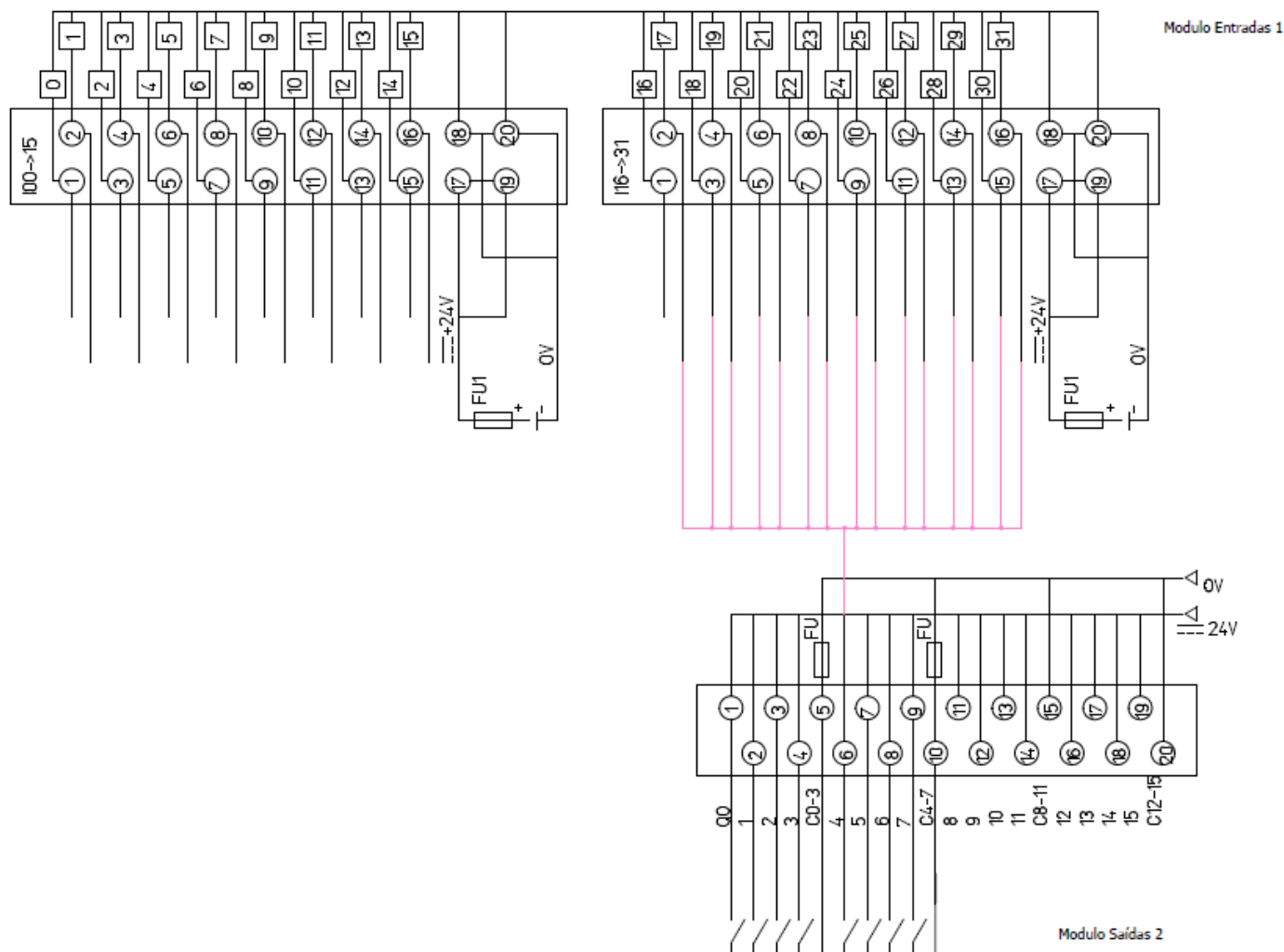


Figura 8.25 - Esquema elétrico da cablagem a ensaiar.

### 8.3.2.1 - Algoritmo do programa de teste

A partir do esquema elétrico apresentado anteriormente é possível utilizar o algoritmo apresentado na Figura 8.26.

Através de uma saída do PLC, como já referido anteriormente, é possível testar os 35 cabos desde que se disponha de 35 entradas no PLC.

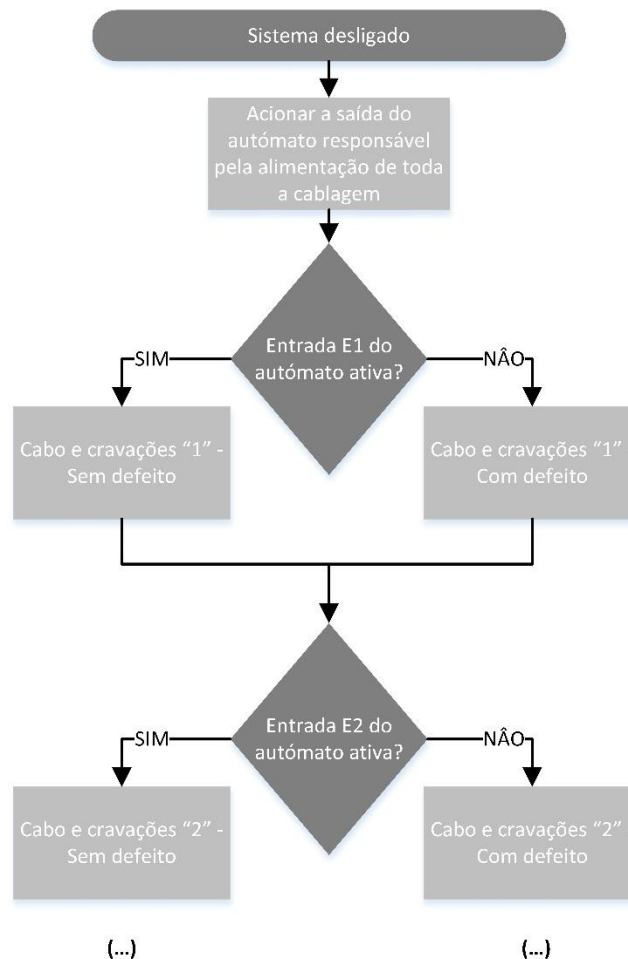


Figura 8.26 - Fluxograma do algoritmo de teste à cablagem.

Depois de uma ordem do utilizador para iniciar o teste, o algoritmo aciona a saída do PLC, para colocar os cabos em tensão, percorrendo entrada a entrada do autômato verificando desta forma o estado da cablagem.

Caso uma entrada não seja ativa significa que o cabo está a estabelecer mau contacto com a entrada a que está ligado fisicamente, o que pode significar que o cabo ou a cravação se encontram com defeito.



### 8.3.2.2 - Resultados da simulação do circuito projetado

Para testar a funcionalidade e a veracidade do circuito de cablagem projetado bem como o algoritmo apresentado recorreu-se novamente ao *Multisim*. Tal como no esquema ilustrado na Figura 8.25 pretende-se utilizar apenas uma saída para teste da cablagem. Para tal utilizou-se apenas uma fonte, V1 Figura 8.28, de 24V CC que simula a saída do PLC.

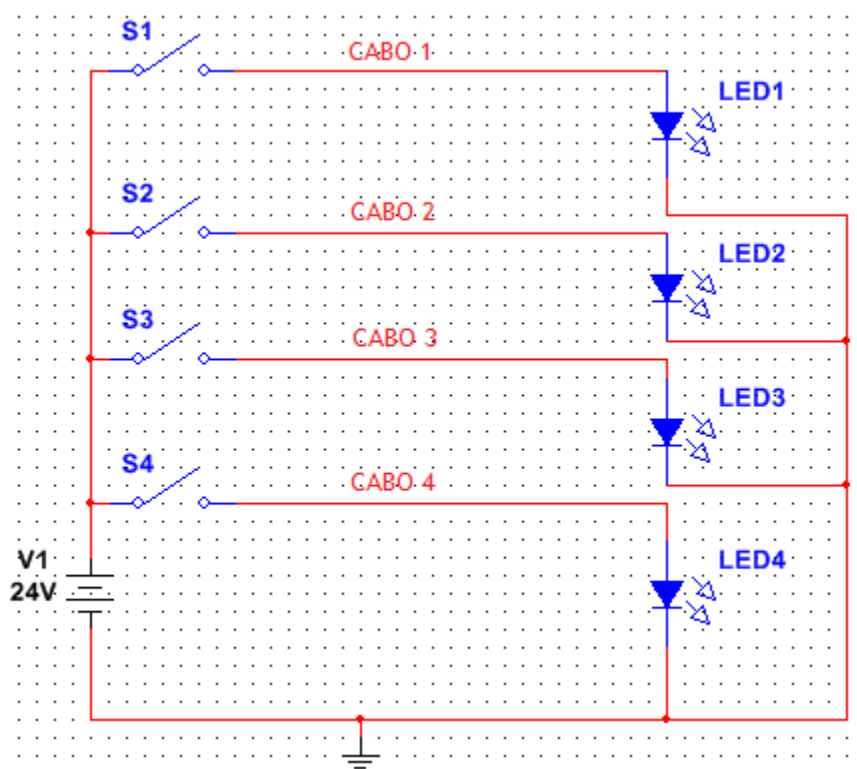


Figura 8.27 - Circuito de simulação para teste do esquema elétrico projetado.

Os LEDs, LED1, LED2, LED3, LED4 Figura 8.28, representam as entradas do PLC e através de S1, S2, S3 e S4 Figura 8.28 é possível simular cabos defeituosos e não defeituosos consoante a posição destes, aberta ou fechada respetivamente. Os cabos que se pretendem testar, através da simulação, estão identificados na Figura 8.27 por “CABO 1”, “CABO 2”, “CABO 3”, “CABO 4”.

Seguem-se duas simulações que demonstram o funcionamento do esquema elétrico projetado.

- Simulação 1 - Todos os cabos sem defeito.

Mantendo, S1, S2, S3, S4 fechados simula-se o CABO 1, CABO 2, CABO 3 e CABO 4 sem defeitos. Como confirmação os LEDs, LED1, LED2, LED3, LED4 encontram-se ligados, ver Figura 8.28.

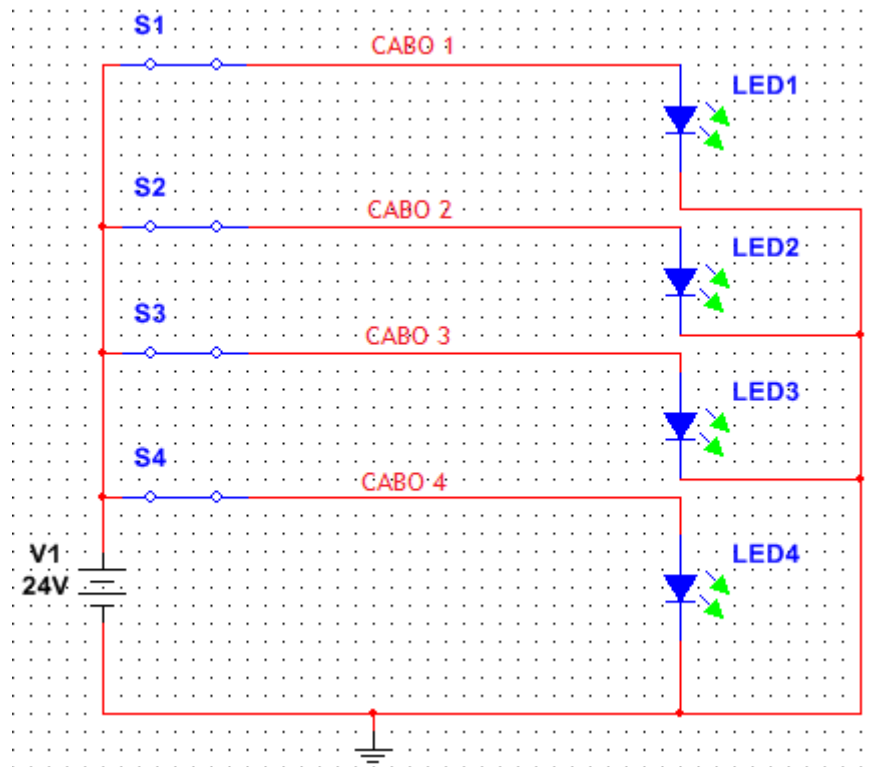


Figura 8.28 - Simulação 1.

- Simulação 2 - Cabo 2 e Cabo 4 com defeito.

Mantendo S1 e S3 fechados e S2 e S4 abertos simula-se cabo 1 e cabo 3 sem defeitos e cabo 2 e cabo 4 com defeito. Como confirmação os LEDs, LED1 e LED3 encontram-se ligados e os LEDs, LED2 e LED4 encontram-se desligados pois o circuito encontra-se interrompido por S2 e S4, ver Figura 8.29.

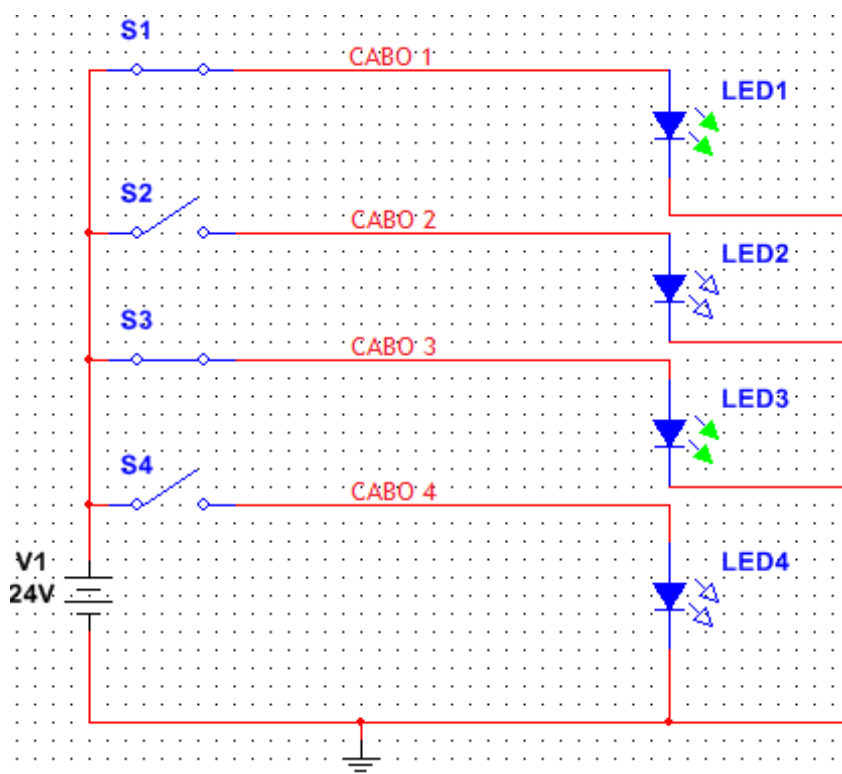


Figura 8.29 - Simulação 2.

### 8.3.2.3 - Resultados da simulação do algoritmo e da interface gráfica

Para realização da simulação do algoritmo da Figura 8.26 e da respectiva interface gráfica recorreu-se ao *software Unity Pro*.

Criando as variáveis necessárias para a simulação, Figura 8.31, e utilizando a linguagem de programação SFC, o algoritmo pode ser transformado no programa da Figura 8.30.

Para efeitos de representação e coerência com as simulações do circuito já apresentadas, Figura 8.28 e Figura 8.29, o programa da Figura 8.30 corresponde também a uma simulação de 4 cabos.

Após o utilizador iniciar o teste, o programa verifica o cabo 1, depois o cabo 2, o cabo 3 e por último o cabo 4.

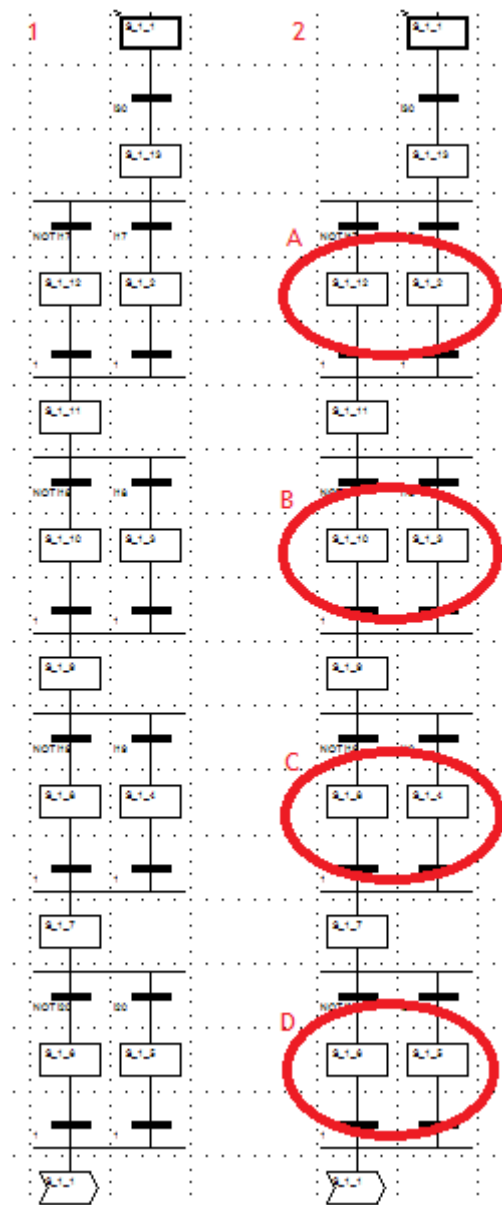


Figura 8.30 - 1 - Programa baseado no algoritmo criado; 2A - Verificação do cabo 1; 2B - Verificação do cabo 2; 2C - Verificação do cabo 3; 2D - Verificação do cabo 4.

O programa apresenta a mesma estrutura que o algoritmo, com algumas diferenças porque se trata de um simulador. Enquanto o algoritmo apresenta o acionamento de apenas uma saída do autômato, o simulador necessita de 4 variáveis de saída para simulação do estado de cada cabo exemplo. O número de entradas do PLC e o número de variáveis de entrada são iguais para o algoritmo e para o simulador.

A referência a variáveis de saída e variáveis de entrada prende-se com a distinção que se pretende fazer entre as entradas/saídas reais do PLC e as variáveis de entrada/saída que se utilizam no modo de simulação. No entanto, de notar a facilidade de conversão das variáveis virtuais em entradas e saídas reais bastando associar um endereço, do PLC, para as tornar reais, ver coluna “Address” Figura 8.31.

Name	Type	Address	Value	Comment	Time stamping
I17	BOOL				None
I18	BOOL				None
I19	BOOL				None
I20	BOOL				None
I30	BOOL				None
Q4	BOOL				None
Q5	BOOL				None
Q6	BOOL				None
Q7	BOOL				None

Figura 8.31 - Variáveis utilizadas para implementação do programa. A - Variáveis de entrada; B - Variáveis de saída.

Através das variáveis anteriormente apresentadas foram criadas as ações apresentadas na Figura 8.32. Estas ações forçam as variáveis aos valores lógicos “0” ou “1”.

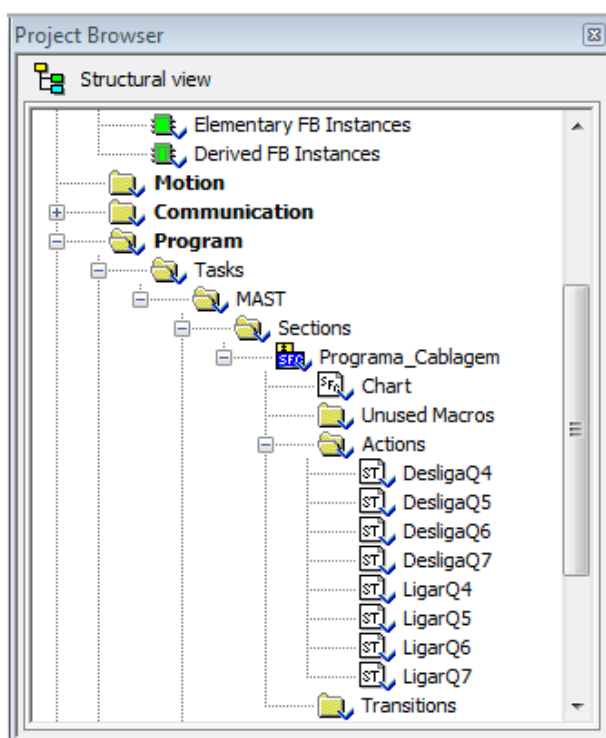


Figura 8.32 - Totalidade das ações que o programa criado utiliza

Tomando como exemplo a primeira ação da Figura 8.32, “DesligaQ4”, esta força a variável Q4 a zero tal como representado na Figura 8.33.

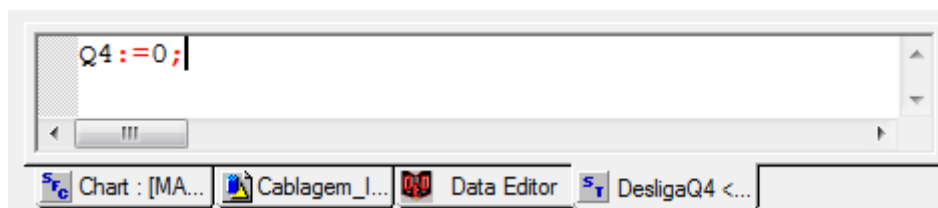


Figura 8.33 - Valor lógico atribuído à variável de saída na ação “DesligaQ4”.

As variáveis de saída estão associadas aos *LEDs* da interface gráfica, Figura 8.34, reproduzindo o estado das entradas.

Relativamente às transições, neste programa apenas se verifica o estado das variáveis de entrada individualmente pelo que não serão apresentadas secções de transições como anteriormente para o caso da régua. As variáveis de entrada estão associadas às *checkboxes* da Figura 8.34.

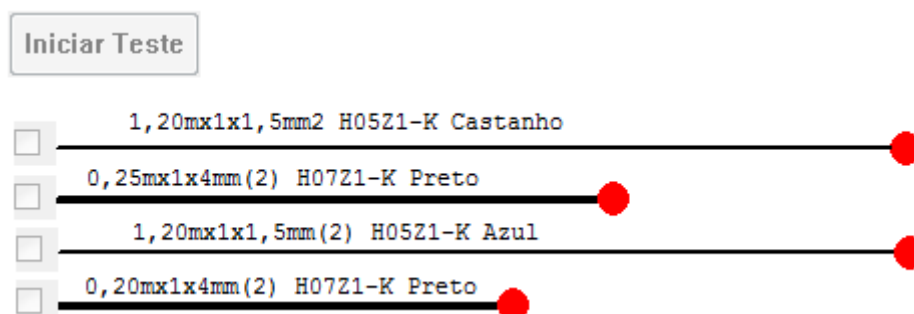


Figura 8.34 - Interface gráfica implementada no *Unity Pro* através do programa apresentado. O estado do simulador, nesta figura, é desligado.

A interface gráfica da Figura 8.34 é uma representação já bastante próxima da mesa de teste que se pretende implementar. Apesar da interface gráfica retratar quatro cabos pretende-se que a identificação de cada cabo em comprimento, quantidade, secção (mm<sup>2</sup>), nome e cor facilite a organização da cablagem. Os restantes elementos que constituem a interface são necessários para que seja possível a realização de algumas simulações. As *checkboxes*, associadas às variáveis de entrada, permitem escolher quais os cabos a simular com defeito ou sem defeito. Os *LEDs*, associados às variáveis de saída, traduzem o estado das *checkboxes*. O botão, “Iniciar Teste”, permite ao utilizador iniciar o programa.

Utilizando as simulações realizadas para teste ao circuito, estas serão apresentadas de seguida para explicação do funcionamento da interface gráfica.

- Simulação 1 - Todos os cabos sem defeito

Para concretizar esta simulação, o utilizador deve seleccionar todas as *checkboxes* tal como ilustrado na Figura 8.35. Em seguida deve pressionar o botão “Iniciar Teste” para que os resultados do teste sejam revelados.

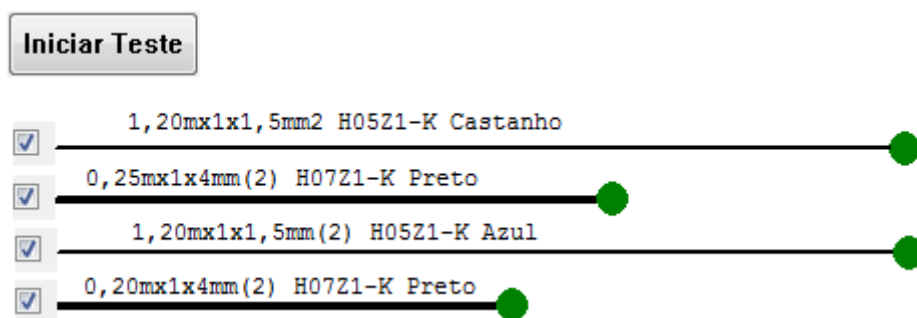


Figura 8.35 - Estado da interface gráfica para a simulação 1.

Os resultados são os *LEDs* dos cabos 1,2,3 e 4 todos ligados de acordo com a Figura 8.35.

- Simulação 2 - Cabo 2 e Cabo 4 com defeito

Para concretizar esta simulação, o utilizador deve selecionar as *checkboxes* 1 e 3 tal como ilustrado na Figura 8.35. Em seguida deve pressionar o botão Iniciar Teste para que os resultados do teste sejam revelados.

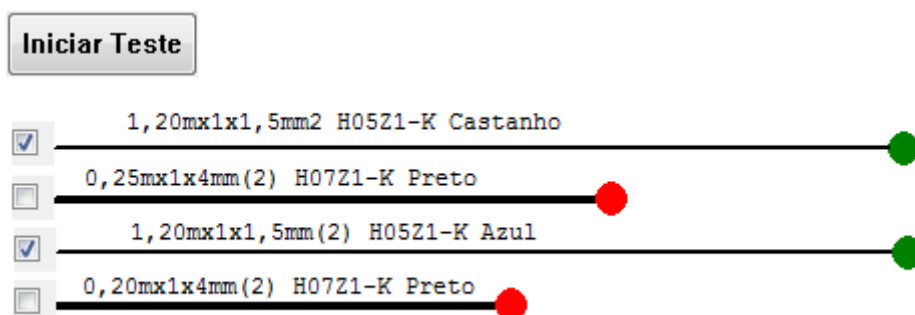


Figura 8.36 - Estado da interface gráfica para a simulação 2.

Os resultados são os *LEDs* dos cabos 1 e 3 ligados e os *LEDs* dos cabos 2 e 4 desligados de acordo com a Figura 8.36.

### 8.3.3 - Requisitos da aplicação para seleção do equipamento de controlo

Após a apresentação dos esquemas elétricos e dos simuladores que comprovam a fiabilidade do projeto, estão reunidas as condições para apresentar os requisitos da aplicação que levam à seleção do aparelho adequado. A Tabela 8.3 descreve os requisitos da aplicação seguindo-se uma explicação de cada um deles.

Tabela 8.3 - Requisitos da aplicação para a escolha de cada módulo do equipamento.

Módulos	Tipo	Quantidade	Tensão	Descrição
Entrada	Digital	52 Canais	24V CC	17 Canais de entradas para controlo régua + 35 canais de entrada para pontos conetores
Saída	Digital	12 Canais	24V CC	11 Canais de saída para ativar relés + 1 canal de saída para pontos conetores
Bastidor	Extensível	1		6 Posições, pois são necessários 6 módulos
Fonte de alimentação	CC	1	24V CC	Alimenta a eletrónica dos módulos a 5V CC: CPU, Módulos de entrada e saída
Fonte de alimentação externa	CA/CC	1	230CA/24CC	Alimenta relés; Alimenta a fonte do autómato;
CPU		1	5V CC	Memória superior a 138Kb

A maioria das aplicações desenvolvidas para utilização em ambiente industrial recorre a PLCs. Estes aparelhos tipicamente apresentam uma construção mais robusta, adaptada às características dos ambientes industriais - temperatura, vibrações, humidade, poeiras, *EMI*.

Os PLCs podem ser definidos como um sistema computacional, baseado num microprocessador, programável e especialmente otimizado para tarefas de controlo de processos industriais. Normalmente caracterizam-se por ser equipamentos bastante fiáveis e que utilizam uma linguagem de programação bem adaptada às características das tarefas de controlo dos processos. As suas principais funções são as de comando, no caso de processos discretos, e regulação, no caso de processos contínuos.

Pode-se considerar a existência de dois tipos de autómatos:

- Compactos, cuja capacidade de processamento é reduzida, o número de cartas de entradas e saídas é fixo ou limitado, a capacidade de interagir com uma interface homem-máquina é limitada ou inexistente, a sua construção é monolítica mas apresentam baixo custo (2,5 centenas a 2 milhares €).
- Modulares, cuja capacidade de processamento é elevada, o número de cartas de entradas e saídas apresenta elevada variedade, a capacidade de interagir com uma interface homem-máquina é garantida, a sua construção é modular, a partir de um bastidor, mas o custo pode ser médio a elevado (1 milhar a 10 milhares€).

Para a aplicação que se pretende desenvolver, um **autómato modular** seria a opção indicada uma vez que este tipo garante as condições essenciais, referidas acima, para a implementação demonstrando também flexibilidade caso se pretenda realizar alguma alteração.



- Fonte de alimentação

A fonte de alimentação do autómato serve para alimentar a eletrónica dos vários módulos através do bastidor, tipicamente a +5V. Em alguns casos, há a necessidade de satisfazer consumos mais elevados recorrendo-se a uma fonte de alimentação externa, tipicamente de +24V, para sensores e pré-atuadores. A escolha da fonte depende do cálculo prévio que deve ser realizado em relação aos consumos envolvidos. No caso da aplicação que se pretende implementar é necessário considerar:

- Potência da fonte do autómato;
- Consumo dos módulos de entrada;
- Consumo dos módulos de saída;
- Carga dos relés; Os relés que representam uma carga para a fonte de alimentação a escolher são os 5 relés de bobine de CC, Figura 8.3 C. A potência nominal da bobine destes é de 0,5W pelo que representa um total de 2,5W de consumo.

- CPU

A escolha do processador, CPU, é um dos aspetos mais importantes na seleção de um PLC pois impõe limitações ao restante *hardware*. O CPU é responsável pela execução da aplicação de controlo e pela atualização dos dados nos diferentes módulos (leitura/escrita). Segue-se uma lista dos pontos a considerar na escolha de um processador para esta aplicação, ver Tabela 8.4.

Tabela 8.4 - Elementos a considerar na escolha do processador.

Elementos		Aplicação
<b>Cartas de entrada e saída</b>	Quantidade e Tipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 cartas de entrada digitais: 32 canais cada</li> <li>• 2 cartas de saída digitais: 8 canais cada</li> </ul>
<b>Capacidade de expansão</b>	Expansível ou não	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansível: permite à empresa a adição de outros módulos para outras aplicações;</li> </ul>
<b>Interfaces de comunicação</b>	Quantidade e Tipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Interface de comunicação: USB; uma vez que a interface gráfica não requer consolas específicas para redução de custos.</li> </ul>
<b>Memória</b>	Programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memória utilizada na construção do simulador da régua: 106Kb</li> <li>• Memória utilizada na construção do simulador da cablagem: 32Kb</li> </ul>
<b>Linguagens suportadas</b>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SFC: bastante intuitiva para esta aplicação</li> </ul>

- Bastidor

Os bastidores também são uma escolha importante. A sua função, do ponto de vista mecânico, é fornecer uma estrutura aos módulos utilizados. Do ponto de vista elétrico, o bastidor fornece alimentação aos vários módulos e sinais para os bastidores de extensão. Os bastidores podem ser extensíveis ou não sendo que os primeiros podem ser utilizados quando se pretende estender o número de módulos do autómato. Para que não se fique limitado a um determinado número de cartas de entrada e saída, a aquisição de um bastidor extensível seria aconselhável, tal como evidente na Tabela 8.4.

- Módulos de entrada e saída

A aplicação que se pretende desenvolver é uma tarefa de controlo a processos discretos pelo que se deve recorrer a módulos de entrada e saída digitais em CC. O número de canais, para os módulos de entrada e saída, é variável sendo tipicamente 8,16,32 ou 64 e as gamas de sinais de entrada em CC são de 24 ou 48V normalmente. Neste caso poderiam ser utilizadas duas cartas de entrada de 32 canais e duas cartas de saída de 8 canais sendo que módulos de 24V seriam suficientes para a aplicação.

#### 8.3.4 - Estruturas

A implementação do projeto não é possível sem uma estrutura que o suporte. A estrutura será composta por duas partes:

- **Mesa de teste:** Esta estrutura incluirá uma parte dedicada à cablagem e outra parte à régua, ver Figura 8.37. Para a cablagem a mesa contemplará espaço para teste a 35 cabos. As ligações ao PLC serão realizadas através da parte inferior da mesa. Na parte superior da mesa estarão os bornes de ligação onde serão ligados os cabos a ser testados. Na mesa estarão identificados a origem e o destino dos cabos bem como o comprimento, a secção, tipo e a cor de cada um, ver Figura 8.37 A.

Para a régua a mesa contemplará um espaço adequado para estabelecer ligações entre o PLC e a régua fictícia. Na parte superior da mesa estarão os bornes onde serão ligados cabos que ligam à parte superior da régua fictícia. A parte inferior da mesa, também através dos bornes, estabelecerá ligação ao PLC, ver Figura 8.37 B.

- **Régua fictícia:** Esta estrutura deverá possuir as mesmas dimensões que a régua real, 336,5mm, bem como a distância entre pontos de teste deve ser igual à distância entre os parafusos dos componentes reais. Será uma estrutura que permite alguma mobilidade (dependendo do comprimento dos cabos que a ligam à mesa de teste) ao contrário da mesa de teste que se pretende fixa. Será utilizada colocando-se acima da régua real através dos

quais as agulhas metálicas proporcionarão o contacto elétrico com os parafusos. A parte de cima da superfície conterà as ligações à mesa de teste, ver Figura 8.38.

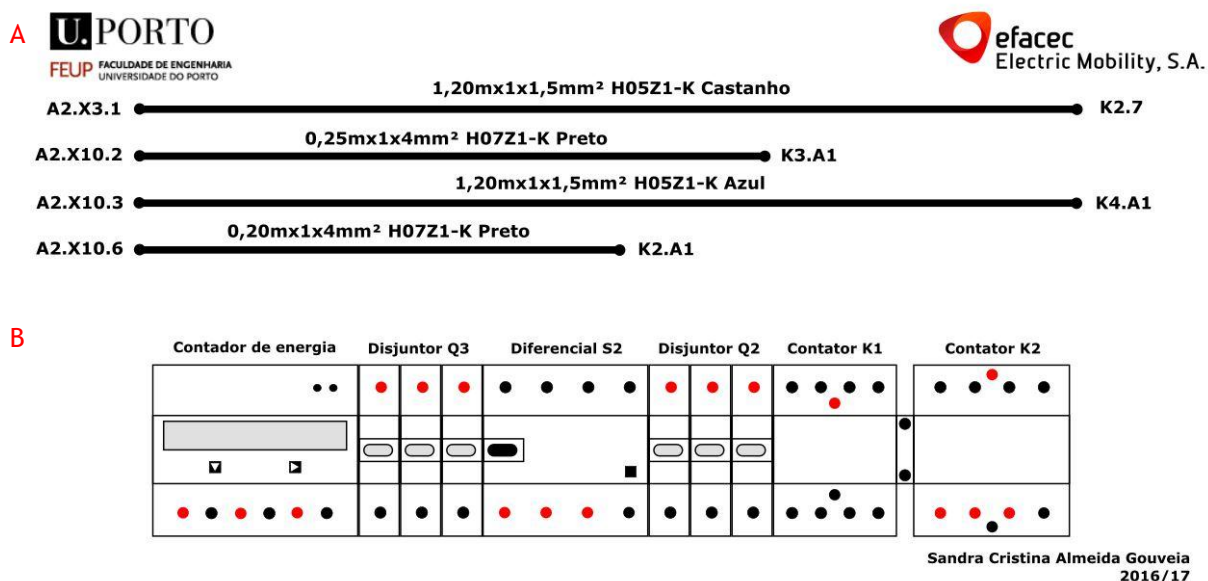


Figura 8.37 - Mesa de teste exemplo. A - Espaço dedicado para teste à cablagem onde estão impressos todos os dados necessários para a organização da mesma e os locais de perfuração para inserção de bornes de ligação (círculo a preto); B - Espaço dedicado para teste à régua onde estão impressos (a vermelho) os locais de perfuração para inserção de bornes de ligação.

Em Portugal, existem laboratórios dedicados, que permitem a impressão destas estruturas, como é o caso do *FAB LAB EDP*, sendo que o custo destas não seria representativo para a *Efacec Electric Mobility*. As estruturas apresentadas podem ser impressas sobre placas de acrílico.

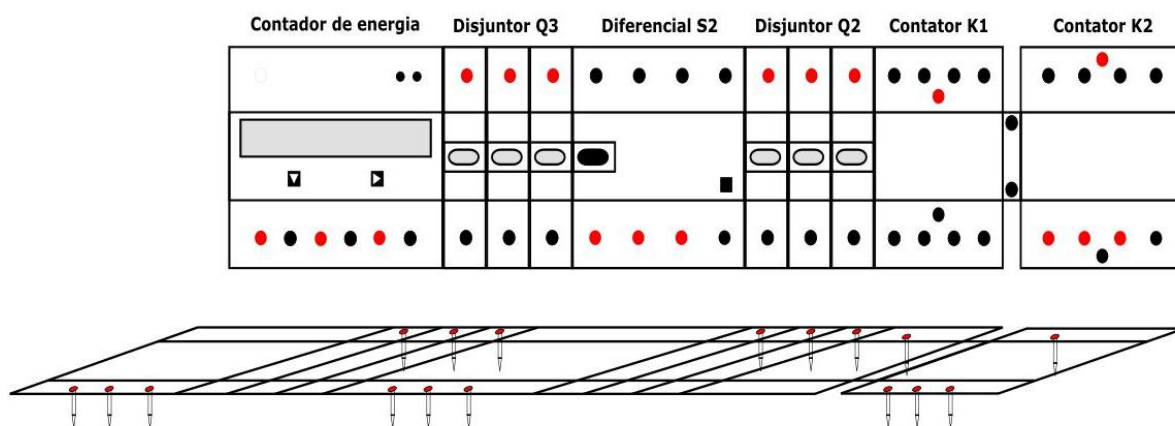


Figura 8.38 - Régua fictícia cujas agulhas metálicas estabelecerão contacto com a régua real. Os pontos assinalados a vermelho, na parte superior da estrutura, são os pontos que ligarão à mesa de teste através de cabos cujo comprimento pode ser ajustado conforme a necessidade de movimentação da régua fictícia.

## 8.4 - Conclusão

O presente capítulo revelou-se de máxima importância, uma vez que a viabilidade da construção do projeto conseguiu ser comprovada através dos simuladores implementados a partir dos algoritmos desenvolvidos, bem como a partir da estrutura esboçada.

Através da automatização projetada pretende-se que a empresa consiga otimizar os processos de montagem e ensaios ao carregador. O teste à régua do carregador e a organização prévia da cablagem simultaneamente testada permitirá que a montagem do carregador seja controlada processo a processo prevenindo-se:

- Cabos ligados no local errado;
- Utilização de cabos cujas cravações estão danificadas;
- Introdução da régua no carregador com componentes cujos contactos se encontram colados;
- Introdução da régua no carregador com cabos cujas cravações se encontram danificadas;
- Prolongamento dos ensaios ao carregador;

Este capítulo permitiu concretizar os dois restantes objetivos referentes a - escolha das características do equipamento necessário e desenvolvimento de um programa que permite facilitar os ensaios (através dos algoritmos criados e respetivos simuladores).

# Capítulo 9

## Conclusões e trabalho futuro

### 9.1 - Conclusões

Este trabalho teve como ponto de partida a visualização e análise aos ensaios realizados ao posto não modular. A partir dessa análise verificou-se que não seria possível atuar diretamente neste processo devido à variabilidade de tarefas e configurações para a sua realização.

No entanto, a visualização no terreno permitiu observar outros pontos passíveis de melhoria através da automatização e otimização de algumas tarefas. Pode-se afirmar que os algoritmos elaborados, comprovados através de simulações, irão permitir otimizar, ainda que indiretamente, o processo de ensaios através da automatização do teste à régua e do teste à cablagem aplicados durante a montagem do carregador. Já a *template* desenvolvida em VBA-Excel pode contribuir para os processos de melhoria contínua da empresa.

A viabilidade da aplicação projetada foi comprovada através dos simuladores, no entanto tão importante quanto estes, foi a alteração proposta da abordagem utilizada relativamente ao processo de montagem do carregador.

Pretende-se que o projeto desenvolvido seja utilizado nas diferentes etapas do processo de montagem, ver Figura 9.1 C, para que se consiga aplicar a abordagem de controlo por processos em detrimento da abordagem de controlo por produto, utilizada até então pela *Efacec*, ver Figura 9.1 B. Espera-se que a sua utilização se reflita nos ensaios ao carregador **evitando-se**:

- **Custos de retrabalho** - substituição de componentes na régua ou cablagem durante a fase dos ensaios;
- **Atrasos** nos prazos de entrega devido à falta de controlo durante a montagem.

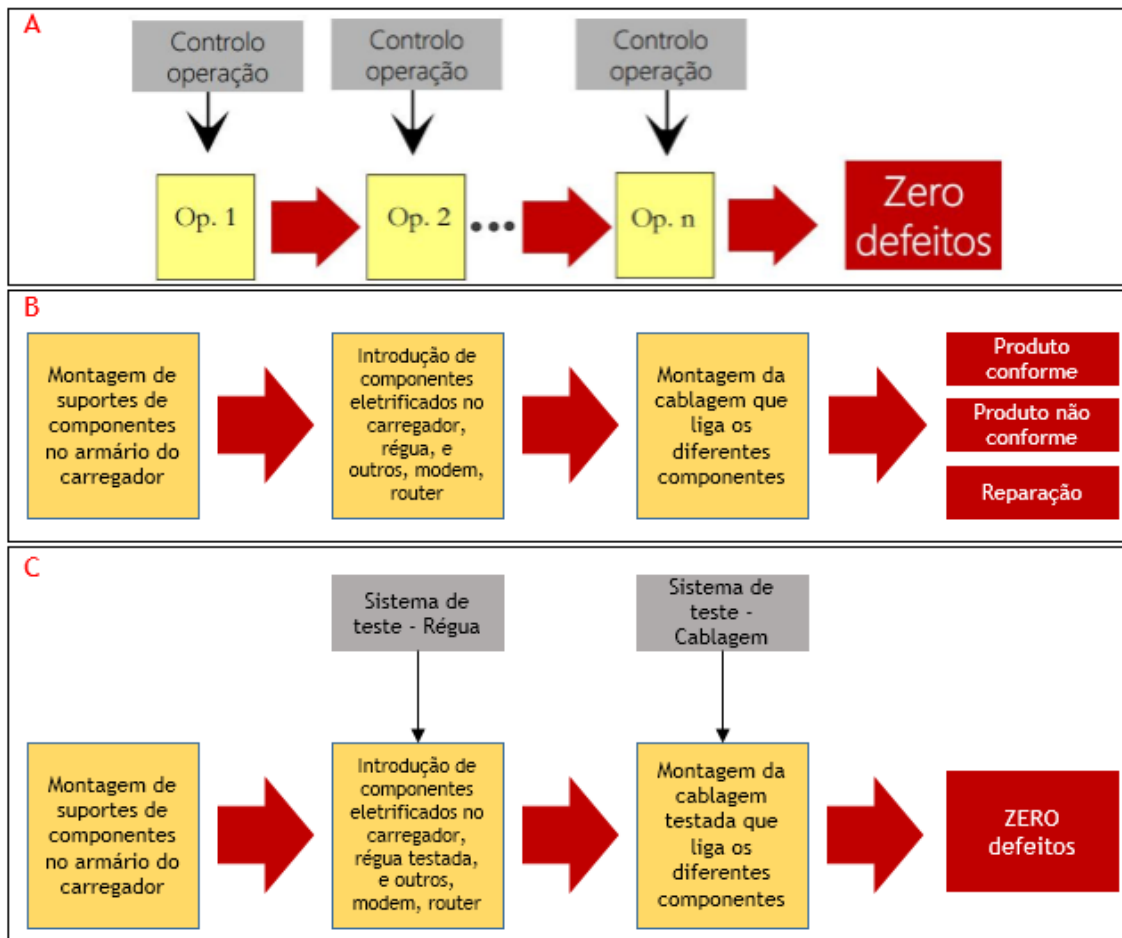


Figura 9.1 - Abordagem de controlo dos processos. A - Estrutura da abordagem; B - A abordagem tradicional utilizada pela Efaced, controlo por produto; C - Abordagem de controlo de processos proposta utilizando o sistema de teste projetado.

Assim, a partir da abordagem proposta a eficiência do processo de montagem seria otimizada uma vez que se espera consumir o mínimo de recursos (exemplos: tempo e componentes) na obtenção do resultado que consiste em montar um carregador sem defeitos. Desta forma indireta espera-se reduzir o tempo de ensaio uma vez que os sistemas de teste propostos eliminam possíveis erros de montagem, quer na régua quer na cablagem, detetam problemas relacionados com a cravação da cablagem na régua e na própria cablagem e detetam se algum equipamento se encontra danificado, especificamente, com os contactos colados. Para além disso, através da organização prévia da cablagem numa mesa de teste espera-se que o tempo dedicado ao processo de montagem seja reduzido tornando-se ao mesmo tempo mais fiável.

## 9.2 - Trabalho futuro

Uma vez que a área da mobilidade elétrica está em crescimento torna-se cada vez mais importante a criação de estratégias que permitam à *Efacec Electric Mobility* uma resposta mais rápida e eficiente para satisfazer os pedidos dos seus clientes.

Acredita-se que o trabalho projetado através desta dissertação seja uma mais-valia para a empresa e que a aposta em processos de melhoria contínua são indicadores de uma boa performance do trabalho que a empresa desenvolve. Como tal sugerem-se as seguintes melhorias no âmbito do projeto desenvolvido e no âmbito da empresa:

- Criação de um SFC na FAST que permita ao utilizador parar ou desligar o programa a qualquer momento;
- Incluir no sistema de teste verificações ao próprio sistema de teste;
- Envio dos resultados dos testes realizados para a base de dados da empresa;
- Adaptação dos algoritmos desenvolvidos para carregadores rápidos;





# Referências

- [1] Público, “Portugal deve ultrapassar as 5000 viaturas elétricas este ano”. Disponível em [www.publico.pt/2017/01/17](http://www.publico.pt/2017/01/17)
- [2] PBS, “Timeline: History of the Electric Car”. Disponível em <http://www.pbs.org/now/shows/223/electric-car-timeline.html>, 2009
- [3] ENERGY, “HISTORY OF THE ELECTRIC CAR”. DISPONÍVEL EM <http://energy.gov/articles/history-electric-car>, 2014
- [4] Mckinsey&Company, “Evolution - Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?”, Abril 2014
- [5] MOBI.E, “PESQUISA DE POSTOS DE ABASTECIMENTO”. Disponível em <http://www.mobie.pt/portal/postoscarregamento>
- [6] SEBASTIÃO, M. “Projeção e desenvolvimento de carregadores para veículos elétricos”. Instituto politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologias de Tomar, 2014.
- [7] EVTC, “Project 5: Prediction of Electric Vehicle Penetration”. Disponível em [evtc.fsec.ucf.edu/research/project5.html](http://evtc.fsec.ucf.edu/research/project5.html)
- [8] Schwarzer, V. Ghorbani, R. (2015). “Current State-of-the-Art of EV Chargers”
- [9] Fewster, M. Graham, D. “Software Test Automation - Effective use of test execution tools”
- [10] Portugal, P. “IEC 61131-3”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014
- [11] Efacec, Public Charger. Disponível em [electricmobility.efacec.com/ev-public-charger/](http://electricmobility.efacec.com/ev-public-charger/)
- [12] Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements, Ed. 3.0. IEC 62196-1, 2014
- [13] Phoenix Contact, “AC vehicle connectors E-Mobility”, 2015. Disponível em [www.phoenixcontact.com/assets/downloads\\_ed/global/web\\_dwl\\_promotion/5200756\\_9\\_EN\\_HQ\\_E-Mobility\\_LoRes.pdf](http://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dwl_promotion/5200756_9_EN_HQ_E-Mobility_LoRes.pdf)
- [14] Scame, “ECOMOBILITY GENERAL CATALOGUE”, 2015-2016. Disponível em [www.scame.pt/doc/ZP00910-GB-1.pdf](http://www.scame.pt/doc/ZP00910-GB-1.pdf)
- [15] Yazaki, “DC Charging Connector CHV-03”. Disponível em [charge.yazaki-group.com/english/product/quick\\_outlet.html](http://charge.yazaki-group.com/english/product/quick_outlet.html)
- [16] Phoenix Contact, “Solution for E-Mobility”, 2013
- [17] Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General Requirements, IEC 61851-1, 2010
- [18] Efacec Electric Mobility, “EFAPOWER EV-PC NON MODULAR AC PUBLIC CHARGING STATION - Installation and User Manual”
- [19] Degrees of Protection Provided By Enclosures (IP Code), Ed. 2.1. IEC 60529, 2001-02
- [20] Pereira, P, “4SA131202 Rev D - EFAPOWER EV R22x22KW\_electric\_schematic”, 2013
- [21] Farnell, “GP Batteries, Battery Pack Specification”. Disponível em [www.farnell.com](http://www.farnell.com)
- [22] Zoitl, A. Strasser, T. “Distributed Control Applications: Guidelines, Design Patterns, and Application Examples with the IEC 61499”, 2015
- [23] Electric vehicle conductive charging system - Part 22: AC electric vehicle charging station, Ed 1.0. IEC 61851-22, 2001

- [24] FARIA, J, “PARTE 1 - FUNDAMENTOS DE GESTÃO DA QUALIDADE”, FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2015
- [25] Finder, “SÉRIE 4C - Relé modular de interface 8 a 16A”. Disponível em [www.findernet.com](http://www.findernet.com)
- [26] Efacec, “Mobilidade Elétrica”. Disponível em [http://www.efacec.pt/PresentationLayer/efacec\\_competencias\\_00.aspx?idioma=1&area=2&local=130](http://www.efacec.pt/PresentationLayer/efacec_competencias_00.aspx?idioma=1&area=2&local=130)
- [27] Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories, Ed 1.0. IEC 62196-2, 2011
- [28] Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers, Ed 1.0. IEC 62196-3, 2014
- [29] ENERGY STAR, “ENERGY STAR MARKET AND INDUSTRY SCOPING REPORT: ELECTRIC VEHICLE SUPPLY EQUIPMENT (EVSE)”, SETEMBRO 2013. DISPONÍVEL EM [WWW.ENERGYSTAR.GOV](http://WWW.ENERGYSTAR.GOV)